భూమి

ఐజాక్ అసిమోవ్

అనువాదం : డా॥ వి. శ్రీనివాస చక్రవర్తి

జన విజ్ఞాన వేదిక

మంచి పుస్తకం

భూమి

రచయిత : ఐజాక్ అసిమోవ్

అనువాదం : డా|| వి. శ్రీనివాస చక్రవర్తి

ప్రచురణ : అక్టోబరు, 2010

ప్రతుల సంఖ్య : 2000

వెల : రూ. 00/–

ISBN : 978–93–80153–45–2

ప్రచురణ, ప్రతులకు :

జన విజ్ఞాన వేదిక
జి. మాల్యాద్రి, కన్వీనర్, ప్రచురణల విభాగం
162, విజయలక్ష్మీనగర్
నెల్లూరు – 524 004
ఫోన్ : 94405 03061

మంచి పుస్తకం
12–13–439, వీధి నెం.1
తార్నాక, సికింద్రాబాదు 500 017
ఫోన్ : 94907 46614.
email : info@manchipustakam.in
website : www.manchipustakam.in

కంపోజింగ్, లే అవుట్ : పద్మ

ముఖచిత్ర డిజైన్ : అంకుష్ గ్రాఫిక్స్ & డిజైనర్స్

ముద్రణ : చరిత ఇంప్రెషన్స్,
1–9–1126/బి,
అజామాబాద్, హైదరాబాదు,
ఫోన్: 040– 2767 8411.

విషయ సూచిక

సౌరమండలం ఆవిర్భావం

విశాల విశ్వానికి ఎల్లలు లేకపోవచ్చు గాక. దాని బృహత్తు ముందు భూమి అత్యల్పంగా కనిపించొచ్చు గాక. కాని ఈ భూమే మనిషికి ఇల్లు. మానవుడు అధునాతన వ్యోమనౌకలలో ఇరుగు పొరుగు గ్రహాలన్నీ ఎంత కలయదిరిగినా చిట్టచివరికి ఈ ఇంటికి తిరిగి రావలసిందే.

న్యూటన్ కాలం నుండే విశ్వారంభానికి సంబంధించిన సమస్య గురించి, భూమి పుట్టుకకి సంబంధించిన సమస్య గురించి రకరకాలుగా ఆలోచించడం మొదలుపెట్టారు. అప్పటికే సౌరమండలానికి సంబంధించిన పరిశీలనల దృష్ట్యా సౌరమండలం విన్యాసం గురించి, గ్రహ చలనాల గురించి కొన్ని సామాన్య విషయాలు బయటపడ్డాయి.

1. ముఖ్య గ్రహాలన్నీ సూర్యుడి సూర్యమధ్యరేఖ (sun's equator) ఉన్న తలంలోనే సూర్యుడి చుట్టూ వృత్తాకార కక్ష్యలో తిరుగుతాయి. అంటే సూర్యుడు, గ్రహాలు అన్నీ ఇంచుమించు ఒక సమతలం మీద ఇమిడిపోతాయన్నమాట.

2. ముఖ్య గ్రహాలన్నీ సూర్యుడి చుట్టూ ఒకే దిశలో తిరుగుతుంటాయి. సౌరమండలం పైనుండి, అంటే ధృవనక్షత్రం ఉన్న వైపు నుండి సౌరమండలం వైపు చూస్తే గ్రహాలన్నీ అపసవ్య దిశలో తిరుగుతూ కనిపిస్తాయి.

3. ప్రతి ముఖ్య గ్రహం (కొన్ని మినహాయింపులని పక్కన పెడితే) సూర్యుడి చుట్టూ అపసవ్య దిశలో తిరిగినట్టే దాని అక్షం మీద అది (ఆత్మభ్రమణం) అపసవ్యదిశలో తిరుగుతుంటుంది. సూర్యుడి ఆత్మభ్రమణం కూడా అపసవ్య దిశలోనే జరుగుతుంది.

4. సూర్యుడి నుండి గ్రహాల దూరం క్రమంగా పెరుగుతుంది. గ్రహ కక్ష్యలు ఇంచుమించు వృత్తాకారంలోనే ఉంటాయి.

5. ఉపగ్రహాలన్నీ (కొన్ని మినహాయింపులని పక్కన పెడితే) వాటి సంబంధిత గ్రహాల చుట్టూ ఇంచుమించు వృత్తాకార కక్ష్యలలో ఆయా గ్రహాల గ్రహమధ్య రేఖ ఉన్న తలంలో, అపసవ్య దిశలో తిరుగుతుంటాయి.

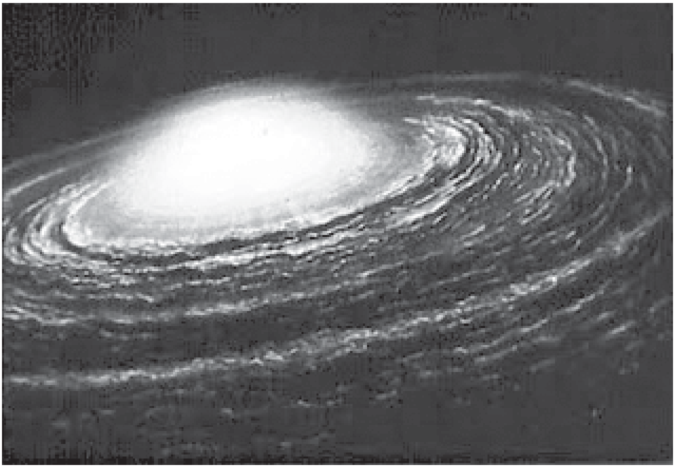
గ్రహాల, ఉపగ్రహాల చలనాలలో కనిపించే ఇంత క్రమబద్ధతని గమనిస్తే

మొత్తం సౌరమండలం ఒక ఏకైక మూలం నుండి ఉద్భవించి ఉండొచ్చు అనిపిస్తుంది. ఇంతకీ ఏమిటా మూలం? సౌరమండలాన్ని పుట్టించిన ఆ ప్రక్రియ ఎటువంటిది? సౌరమండలం ఆవిర్భావాన్ని వర్ణించే సిద్ధాంతాలు రెండు రకాలు. 1) ఉపద్రవాత్మక సిద్ధాంతం (Catastrophic theory), 2) పరిణామాత్మక సిద్ధాంతాలు (evolutionary theory). వీటిలో మొదటిదైన ఉపద్రవాత్మక సిద్ధాంతం ప్రకారం సూర్యుడు తటాలున ఏమీ లేని శూన్యంలో ఒక్కసారిగా ప్రత్యక్షం అయ్యాడు; అదే విధంగా మరో విస్ఫోటాత్మక ప్రక్రియలోంచి గ్రహాలు ఉద్భవించాయి. ఇక రెండవదైన పరిణామాత్మక సిద్ధాంతం ప్రకారం మొత్తం సౌరమండలం అంతా ఒక క్రమపద్ధతిలో కొన్ని మూలాంశాల నుండి ఆవిర్భవించింది.

పద్దెనిమిదవ శతాబ్దంలో కూడా ప్రళయానికి సంబంధించిన బైబిల్ కథల ప్రభావం శాస్త్రవేత్తల మనసుల మీద బలంగా ఉండేది. అందుకే కాబోలు భూమి చరిత్ర అంతా పెద్ద పెద్ద ఉపద్రవాలతో కూడుకుని ఉన్నట్టుగా ఊహించుకునేవారు. మరి చరిత్ర పొడవునా ఎన్నో ఉపద్రవాలు ఉన్నప్పుడు, చరిత్ర ఆరంభంలో ఒక మహా ఉపద్రవం జరిగినట్టు ఊహించుకోవడంలో ఆశ్చర్యం లేదు. అలాంటి ఊహాగానాలలో ఒకటి ఫ్రాన్స్‌కి చెందిన ప్రకృతి శాస్త్రవేత్త జార్జ్ లూయీ లెక్రెక్ ద బఫాన్ ప్రతిపాదించిన సిద్ధాంతం. సూర్యుడితో ఒక పెద్ద తోకచుక్క ఢీకొన్నప్పుడు సౌరమండలం పుట్టిందని ఇతడు ప్రతిపాదించాడు. అయితే సూర్యుడితో పోలిస్తే తోకచుక్కలు అత్యల్పమైన మట్టిగడ్డలని తదనంతరం తెలిసొచ్చాక ఆ సిద్ధాంతం మూలన పడింది.

ఇక పందొమ్మిదవ శతాబ్దంలో ఉపద్రవాలకి బదులు, నెమ్మదిగా పనిచేసే దీర్ఘకాలిక ప్రకృతి చర్యలలో సమాధానాలు వెతకడం మొదలుపెట్టారు శాస్త్రవేత్తలు. ఈ కోవకి చెందిన సిద్ధాంతాలలో ఒకటి హటన్ ప్రతిపాదించిన సమనిర్మాణ సిద్ధాంతం (~~uniformation~~ theory). (దీని విషయానికి మళ్ళీ వద్దాం.) కాబట్టి శాస్త్రవేత్తలు వైజ్ఞానిక స్ఫూర్తికోసం బైబిల్‌ని ఆశ్రయించడం మానేసి న్యూటన్ సిద్ధాంతాలని, ప్రకృతి సహజ చర్యలని ఆశ్రయించడం ఆరంభించారు. ఒక పలచని వాయు, ధూళి రాశి దాని అంతరంగ గురుత్వాకర్షణ ప్రభావం

వల్ల క్రమంగా సంఘటితమై సౌరమండలం రూపొంది ఉంటుందని న్యూటనే సూచించాడు. ద్రవ్యరాశిలోని రేణువులు దగ్గర పడుతున్న కొద్దీ గురుత్వాకర్షణ పెరిగి, ద్రవ్యరాశి మరింత వేగంగా దగ్గర పడుతూ ఉంటుంది. చివరికి మొత్తం ద్రవ్యరాశి మన సూర్యుడిలాంటి సాంద్రమైన వస్తువుగా మారిపోతుంది. ఆ సంఘనన శక్తే కాంతి శక్తిగా మారి సూర్యుడిని ప్రజ్వలింపచేస్తుంది.



తారా ధూళి దగ్గరపడి సౌరమండలం రూపొందుకున్న ఊహాచిత్రం

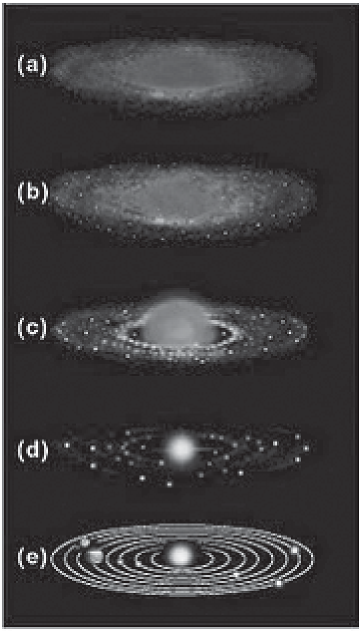
సౌరమండల ఆవిర్భావాన్ని గురించిన సిద్ధాంతాల తీరు ఆ విధంగా ఉండేది. కాని ఈ సిద్ధాంతాలతో ఎన్నో చిక్కు సమస్యలు తలెత్తాయి. ఉదాహరణకి అత్యంత బలహీనమైన గురుత్వాకర్షణ ప్రభావం వల్ల అంత విరళమైన వాయు రాశి సంఘనితం కావడం ఎలా సాధ్యమో అర్థం కాలేదు. తదనంతర కాలంలో ఈ సంఘననానికి కారణమైన మరో ప్రక్రియని కూడా శాస్త్రవేత్తలు ప్రతిపాదించారు. అదే కాంతి చేసే ఒత్తిడి. అంతరిక్షంలో ఉండే రేణువుల మీద అన్ని దిశల నుండి కిరణాలు పడుతుంటాయి. ఇప్పుడు రెండు రేణువులు ఒక దాని నీడ మరో దాని మీద పడేటంతగా సన్నిహితం అయ్యాయి అనుకుందాం. ఇప్పుడు ఆ రేణువులకి “లోపలి” వైపున కాంతి ఒత్తిడి కన్నా “బయటి” వైపున కాంతి ఒత్తిడి ఎక్కువగా ఉంటుంది. ఆ కారణం వల్ల అవి ఇంకా దగ్గరగా

వస్తాయి. అలా దగ్గరవుతున్నకొద్దీ వాటి మధ్య గురుత్వాకర్షణ పెరిగి వాటి సమాగమనం మరింత వేగవంతం అవుతుంది.

సూర్యుడు ఆ విధంగా రూపొందితే, మరి గ్రహాల మాటేమిటి? అవి ఎలా పుట్టాయి? 1755లో ఇమాన్యుయెల్ కాంట్, 1796లో పియర్ సిమొన్ ద లాప్లాస్‌లు ఈ ప్రశ్నకి సమాధానాల కోసం తొలి ప్రయత్నాలు చేశారు. ఇద్దరిలో లాప్లాస్ వర్ణన మరింత వివరంగా ఉంది.

నీహారికా సిద్ధాంతం (Nebular Hypothesis)

లాప్లాస్ వర్ణన ప్రకారం ఆరంభ దశలోనే విశాల ధూళి మేఘం పరిభ్రమిస్తూ ఉంటుంది. అది కుంచించుకుంటున్న కొద్దీ దాని పరిభ్రమణ వేగం హెచ్చవుతూ ఉంటుంది. దానికి సారూప్యంగా స్కేటింగ్ చేస్తున్న వ్యక్తిని తీసుకుందాం. ఒక వ్యక్తి స్కేటింగ్ చేస్తూ చేతులు చాచి తన చుట్టూ తాను గిర్రున తిరుగుతున్నాడు అనుకుందాం. ఇప్పుడు మెల్లగా చేతులు దగ్గరికి తీసుకుని ఛాతీకి ఆనించుకుంటే, అతడి ఆత్మభ్రమణ వేగం పెరుగుతుంది. దానికి కారణం కోణీయ ద్రవ్య వేగం నిత్యత్వమే (conservation of angular momentum). కోణీయ ద్రవ్యవేగం వస్తువు ద్రవ్యరాశి మీద, దాని వేగం మీద, భ్రమణాక్షం నుండి దాని దూరం మీద ఆధారపడుతుంది. భ్రమణాక్షం నుండి దూరం తగ్గినప్పుడు, ఆ తగ్గుదలని పరిపూరించడానికి (compensate) వేగం పెరుగుతుంది. ఆ విధంగా తన అక్షం మీద ధూళి మేఘం వేగంగా పరిభ్రమిస్తున్నప్పుడు, దాని భూమధ్య రేఖనుండి పదార్థం విసిరివేయబడసాగింది. పదార్థం నష్టం కావడం వల్ల కొంత కోణీయద్రవ్యవేగం తగ్గింది. అందువల్ల ఆ ధూళిమేఘం మరి కొంచెం నెమ్మదించింది. దాని గురుత్వాకర్షణకి లోనై మరింత కుంచించుకుంది. దాంతో మళ్ళీ వేణీగం పెరిగి మళ్ళీ కొంత ద్రవ్యరాశిని బయటికి విసిరేసింది. ఆ విధంగా కుంచించుకుంటున్న సూర్యుడి చుట్టూ వలయాలుగా ద్రవ్యరాశి విస్తరించింది. ఆ వలయాలు ఇంకా ఇంకా కుంచించుకుని గ్రహాలుగా మారాయి. ఆ గ్రహాల నుంచి కూడా అదే విధంగా పదార్థం వెలువడి వలయాలుగా మారి, దాని నుండి ఉపగ్రహాలు ఏర్పడ్డాయి. ఇదీ లాప్లాస్ సిద్ధాంతం.



నీహారికా సిద్ధాంతం ప్రకారం సౌరమండల ఆవిర్భావం

లాప్లాస్ ప్రతిపాదించిన ఈ నీహారికా ప్రతిపాదన (nebular hypothesis) సౌరమండలం ప్రధాన రూపురేఖలని బాగానే వివరిస్తున్నట్టు అనిపించింది. కొన్ని చిన్న చిన్న విషయాలని కూడా ఆ సిద్ధాంతం వివరించగలిగింది. ఉదాహరణకి సాటర్న్ (శనిగ్రహం) చుట్టూ ఉండే ధూళి వలయాలు ఆ విధంగా ఏర్పడినవే కావచ్చు. వాటిలోని ద్రవ్యరాశి మొత్తాన్ని కలుపుకుంటే పెద్ద ఉపగ్రహమే ఏర్పడుతుంది. అలాగే మార్స్ (అంగారకుడు), జూపిటర్ (బృహస్పతి) కక్ష్యల మధ్య స్థిరకక్ష్యలో సూర్యుడి చుట్టు తిరిగే గ్రహశకల వలయం (asteroid belt) ఒకటి ఉంది. అందులోని పదార్థం కూడా గ్రహంగా ఏర్పడకుండా మిగిలిపోయిన పదార్థం అవశేషమే కావచ్చు. ఇక వీటికి తోడు సూర్యుడి శక్తికి మూలం నెమ్మదిగా సాగే దాని సంకోచమేననే హెల్మ్ హోల్ట్జ్, కెల్విన్‌ల భావనలు కూడా ఈ రకమైన చింతనకి వత్తాసు పలుకుతున్నట్టు ఉన్నాయి.

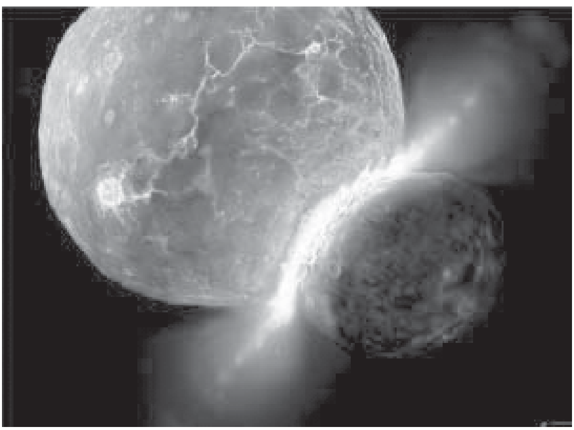
పందొమ్మిదవ శతాబ్దంలో అధికభాగం ఈ నీహారికా సిద్ధాంతమే చలామణి అయ్యింది. కాని శతాబ్దం ముగిసే లోపే ఆ సిద్ధాంతంలో దోషాలు కనపడసాగాయి. 1850లో జేమ్స్ క్లార్క్ మాక్స్వెల్ అనే భౌతిక శాస్త్రవేత్త సాటర్న్ చుట్టూ ఉండే వలయాలని గణితపరంగా విశ్లేషిస్తూ ఒక కొత్త విషయాన్ని కనుక్కున్నాడు. ఒక వస్తువు నుండి విసిరివేయబడ్డ వాయుపదార్థం ఎప్పుడూ చిన్న చిన్న రేణువుల్లా మాత్రమే ఘనీభవించగలదని నిరూపించాడు. సాటర్న్ చుట్టూ ఏర్పడ్డ వలయాలు అలాంటివేనన్నాడు. అవన్నీ కలిసి ఒక సంఘనిత రాశిగా, ఒక కఠినమైన పెద్ద వస్తువుగా ఎన్నటికీ మారలేవని, అలా మారక ముందు ఆ పదార్థాన్ని విక్షేపించిన వస్తువు గురుత్వాకర్షణ కొత్తగా ఏర్పడుతున్న వస్తువుని చిన్నాభిన్నం చేస్తుందని సిద్ధాంతీకరించాడు.

ఈ పరిణామాలలో కోణీయ ద్రవ్యవేగానికి (angular momentum)కూడా ఒక ముఖ్యపాత్ర ఉంది. ద్రవ్యరాశి దృష్ట్యా చూస్తే సౌరమండలంలో ఒక 0.1% మాత్రమే ఉండే గ్రహాల కోణీయద్రవ్యవేగం మాత్రం సౌరమండలం మొత్తం కోణీయద్రవ్యవేగంలో 98% కలిగి ఉంటాయట! సౌరమండలంలో మొత్తం కోణీయద్రవ్యవేగంలో జూపిటర్ కోణీయద్రవ్యవేగమే 60% ఉంటుంది. సౌరమండలానికి మూలమైన ఆదిమ నీహారిక కోణీయద్రవ్యవేగంలో చాలా చిన్న భాగం మాత్రమే సూర్యుడిలో మిగిలి ఉంది. ఆ నీహారిక కోణీయద్రవ్యవేగంలో ఇంచుమించు అంతా ఆ విధంగా దాని నుండి వెలువడ్డ వలయాలలోకి ఎలా ప్రవేశించింది? ఇది ఇలా ఉండగా జూపిటర్, సాటర్న్ గ్రహాల విషయంలో ఈ సమస్య మరింత విడ్డూరంగా కనిపించింది. చుట్టూ ఎన్నో ఉపగ్రహాలు తిరుగుతూ, చిన్న సైజు సౌరమండలాల్లా విలసిల్లే ఈ రెండు గ్రహాలూ, సౌరమండలం లాగానే రూపొందాయి అనుకుంటే, మరి ఈ గ్రహాల విషయంలో, అధిక శాతం కోణీయద్రవ్యవేగం గ్రహంలోనే ఉంటూ, ఉపగ్రహాలలో చాలా తక్కువ భాగమే ఉండడం కనిపిస్తుంది. ఈ విచిత్రానికి కారణం ఎవరికీ అర్థం కాలేదు.

అల్పగ్రహ ప్రతిపాదన (Planetesimal Hypothesis)

1900 కల్లా ఈ నీహారికా సిద్ధాంతం ఇంచుమించు పూర్తిగా మట్టిగలిసి

పోయినట్టే. క్రమ పరివర్తన ద్వారా సౌరమండలం ఏర్పడి ఉంటుందన్న ఆలోచనకి తిలోదకాలు వొదిలేశారు. దాని స్థానంలో మునుపటి ఉపద్రవాత్మక సిద్ధాంతానికి (Catastrophic theory) ఊపిరిపోసే ప్రయత్నం మొదలయ్యింది. 1905లో థామస్ క్రౌడర్ చాంబర్లేన్, ఫారెస్ట్ రే మౌల్టన్ అనే ఇద్దరు అమెరికన్ శాస్త్రవేత్తలు ఒక కొత్త సిద్ధాంతాన్ని రూపొందించారు. మన సూర్యుడితో మరో తార ఇంచుమించు ఢీకొన్న పరిస్థితి ఏర్పడ్డప్పుడు, గ్రహాలు ఉద్భవించాయని వారి సిద్ధాంతం. ఆ సమాగమం వల్ల రెండు తారల నుండి ద్రవ్యరాశి బయటికి లాగబడింది. తదనంతరం మన సూర్యుడి చుట్టూ మిగిలిన ధూళిసందోహాలు సంఘనితమై అల్పగ్రహాలు (plantesimals)గా ఏర్పడి, తరవాత అవి గ్రహాలుగా ఏర్పడ్డాయి. దీన్నే అల్పగ్రహ ప్రతిపాదన (planetesimal hypothesis) అంటారు. ఇక కోణీయ ద్రవ్యవేగం సమస్యకి వస్తే, జేమ్స్ హాప్వుడ్ జీన్స్, హరోల్డ్ జెఫ్రీస్ అనే ఇద్దరు బ్రిటిష్ శాస్త్రవేత్తలు 1918లో తరంగ ప్రతిపాదన (tidal hypothesis)ని ప్రకటించారు. మన సూర్యుడి దరిదాపుల నుండి సాగిపోతున్న ఆ తార గురుత్వాకర్షణ వల్ల, సూర్యుడి నుండి బయటకు లాగబడ్డ ద్రవ్యరాశిని కొంత పక్కకి నెట్టడం వల్ల వాటికి కోణీయ ద్రవ్యవేగం అబ్బిందని ఈ సిద్ధాంతం చెపుతుంది.



అల్పగ్రహ ప్రతిపాదన ప్రకారం సూర్యుడితో
తార ఢీకొంటున్న ఊహాచిత్రం

ఈ ఉపద్రవాత్మక సిద్ధాంతం నిజమే అయితే గ్రహవ్యవస్థలు చాలా అరుదుగా మాత్రమే కనిపించాలి. తారల మధ్య దూరాలు ఎంత ఎక్కువ అంటే వాటి మధ్య అభిఘాతాలు చాలా అరుదుగా మాత్రమే జరగాలి. సూపర్‌నోవాలు ఎంత సామాన్యంగా ఉంటాయో, అందులో 1/10,000 వంతు సామాన్యంగా ఇలా తారల మధ్య అభిఘాతాలు జరుగుతాయి. ఒక గెలాక్సీ జీవితకాలం మొత్తంలో అలాంటి అభిఘాతాలు పది కన్నా ఎక్కువ జరిగే అవకాశం లేదని అంచనా.

ఆ విధంగా ఉపద్రవాల సహాయంతో గ్రహాల ఆవిర్భావాన్ని వివరించడానికి చేసిన ప్రయత్నాలన్నీ తప్పని మరింత లోతైన గణితపరమైన శోధనలో తేలింది. సూర్యుడు పక్క నుండి ఒక తార పోవడం అంటూ జరిగితే ఆ పరిణామానికి ఫలితంగా గ్రహాలు సూర్యుడి నుండి ప్రస్తుత దూరాల కన్నా వెయ్యి రెట్లు దూరంలో ఉండాలని నిరూపించాడు రసెల్ అనే శాస్త్రవేత్త. పోనీ తారలు పక్క పక్క నుండి దాటిపోవడం కాకుండా, రకరకాలుగా ఢీకొనడమే జరిగి ఉంటుంది అనుకున్నా ఆశించిన ఫలితాలు రాలేదు. 1930లలో లిటిల్టన్ అనే శాస్త్రవేత్త రెండు తారలకి బదులుగా, మూడు తారలు ఢీకొని ఉంటాయని సూచించాడు. తదనంతరం ఖగోళ శాస్త్రవేత్త ఫ్రెడ్ హొయల్ సూర్యుడికి తోడుగా మరో సహతార ఉండి ఉండేదని, అది ఒక దశలో సూపర్‌నోవాగా మారిపోతూ బహుమానంగా మన సూర్యుడికి ఈ గ్రహాలని విడిచిపెట్టి పోయిందని సూచించాడు. సూర్యుడి నుండి వెలువడ్డ ఏ పదార్థమైనా ఎంత వేడిగా ఉంటుందంటే అది విరళమైన వాయువుగానే మిగిలిపోతుందని, ఘనీభవించి గ్రహశకలాలుగా మారదని నిరూపించాడు. కాని తదనంతరం 1965లో బ్రిటిష్ ఖగోళ శాస్త్రవేత్త ఎమ్.ఎమ్. ఊల్ఫ్‌సన్ ఈ నిర్బంధాన్ని తొలగిస్తూ మరో చక్కని సూచన చేశాడు. సూర్యుడి చుట్టూ గ్రహాలు ఏర్పడడానికి వాడబడ్డ పదార్థం చెల్లాచెదురై, చల్లగా ఉన్న ఒక తార నుండి వచ్చి ఉంటుందని, కాబట్టి అది అధిక ఉష్ణోగ్రతల వద్ద పుట్టిన పదార్థం కానక్కర్లేదని అతడు సూచించాడు. ఏదేమైనా ఉపద్రవం మీద ఆధారపడ్డ సిద్ధాంతాలన్నిటికి చివరికి చుక్కెదురే అయ్యింది.

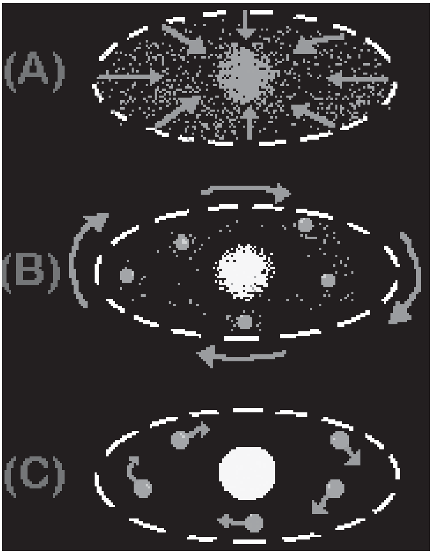
కాబట్టి ఖగోళ శాస్త్రవేత్తలు ఉపద్రవాలని పక్కన పెట్టి మళ్ళీ పరిణామాత్మక సిద్ధాంతాల వైపు మొగ్గు చూపారు. లాప్లాస్ ప్రతిపాదించిన నీహారికా ప్రతిపాదనని మరొక్కసారి పరిశీలించసాగారు.

నీహారికా ప్రతిపాదన – పునఃపరిశీలన

అయితే అప్పటికే విశ్వం గురించిన వాళ్ళ అవగాహన గణనీయంగా విస్తరించింది. గెలాక్సీల ఆవిర్భావాన్ని అర్థం చేసుకోడానికి ప్రయత్నాలు జరుగుతున్నాయి. అంటే మన సౌరమండలం ఆవిర్భావానికి అవసరమైన వాయు రాశుల కన్నా బృహత్తరమైన వాయు రాశుల గురించి మాట్లాడుతున్నాం అన్నమాట. అంత విస్తారమైన వాయురాశులు ఉన్నప్పుడు, ఆ వాయుప్రవాహంలో సంక్షోభం (Turtulence) పుట్టి, అందులో చిన్న చిన్న సుడిగుండాలు ఏర్పడి, ఆ సుడిగుండాలే వివిధ ప్రత్యేక, సంఘనిత రాశులుగా ఏర్పడతాయని అర్థమయ్యింది.

1944లో జర్మన్ ఖగోళ శాస్త్రవేత్త కార్ల్ ఫాన్ వైజ్సాకర్ ఈ భావనని చాలా లోతుగా శోధించాడు. అలాంటి బృహత్తరమైన ఖగోళ వాయురాశులలోని అతి పెద్ద రాశులలో గెలాక్సీలు రూపొందడానికి కావలసినంత పదార్థం ఉంటుందని అతడి విశ్లేషణలో తేలింది. అలాంటి సుడిగుండం ఒకటి సంక్షోభంగా సంకోచిస్తున్నప్పుడు, అందులో మరిన్ని చిన్న సుడిగుండాలు ఏర్పడతాయి. అలాంటి చిన్న సుడిగుండాలలో సౌరమండలాల రూపకల్పనకి కావలసినంత పదార్థం ఉండొచ్చు. అలా సౌరమండలాలని ఏర్పరచిన చిన్న సుడిగుండాల అంచులలో ఉండే మరింత చిన్న సుడిగుండాలలోంచి గ్రహాలు ఏర్పడవచ్చు. దగ్గర దగ్గరగా ఉన్న సుడిగుండాలు ఒకదాన్నొకటి తాకుతూ, మరలో చక్రాలమాదిరి ఒకదాన్నొకటి రాసుకుంటూ పరిభ్రమించవచ్చు. అలాంటి ప్రదేశంలో రేణువులు ఒకదాన్నొకటి ఢీకొంటూ ఒక సంఘటిత రాశిగా ఏర్పడవచ్చు. అక్కడినుంచే గ్రహాలు, గ్రహశకలాలు పుట్టి ఉండొచ్చు.

వైత్సాకర్ ప్రతిపాదించిన ఈ సిద్ధాంతం సమంజసంగానే ఉన్నా, లాప్లాస్ సిద్ధాంతం ఏ సమస్యనైతే ఎదుర్కుందో, ఇది కూడా అదే సమస్యని ఎదుర్కుంది. గ్రహాల కోణీయ ద్రవ్యవేగానికి సంబంధించిన సమస్యని ఇది కూడా



వైత్సాకర్ సిద్ధాంతం ప్రకారం సౌరమండల ఆవిర్భావం

తీర్చలేకపోయింది. అప్పుడు స్వీడెన్‌కి చెందిన హానెస్ ఆల్ఫెన్ అనే ఖగోళ శాస్త్రవేత్త సూర్యుడి అయస్కాంత శక్తిని పరిగణనలోకి తీసుకుంటూ ఒక కొత్త సిద్ధాంతాన్ని రూపొందించాడు. యవ్వన దశలో ఉన్న సూర్యుడు గిర్రున పరిభ్రమిస్తున్నప్పుడు దాని అయస్కాంత క్షేత్రం దాని కదలికకి కళ్ళెం వేసింది. ఆ విధంగా సూర్యుడు నెమ్మదించి, తన కోణీయ ద్రవ్యవేగాన్ని గ్రహాలకి ఆపాదించాడు. ఈ అయస్కాంత క్షేత్ర ప్రభావాన్ని ప్రవేశపెడుతూ ఖగోళ శాస్త్రవేత్త హొయల్ పైన చెప్పుకున్న వైత్సాకర్ సిద్ధాంతాన్ని మరింత విస్తరింపచేశాడు. ఆ విధంగా గురుత్వ, అయస్కాంత బలాలని కలగలిపి రూపొందించిన ఈ సిద్ధాంతం అప్పట్లో సౌరమండల ఆవిర్భావానికి సంబంధించిన అత్యంత శ్రేష్టమైన సిద్ధాంతంగా పేరుపొందింది.

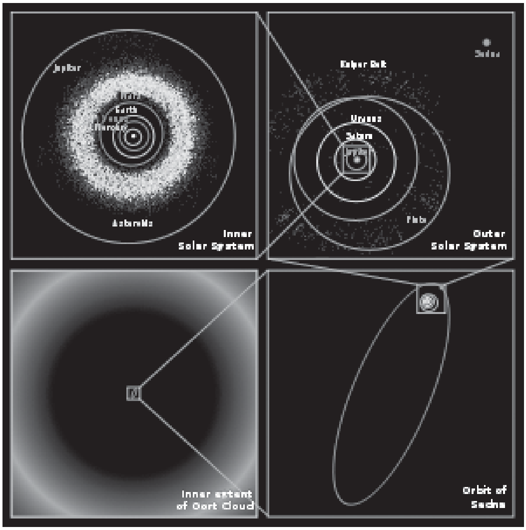
అయితే పైన చెప్పుకున్న సామాన్య సిద్ధాంతం వర్తించని ప్రత్యేక సందర్భాలు సౌరమండలంలో ఎన్నో ఉన్నాయి. వాటిని వివరించడానికి కొన్ని ప్రత్యేక సిద్ధాంతాలని రూపొందించవలసి ఉంది. ఉదాహరణకి తోకచుక్కలనే తీసుకుందాం. ఇవి సుదీర్ఘమైన కక్ష్య ఉన్న చిన్న వస్తువులు. ఇవి సూర్యుడి చుట్టూ కొన్ని పదుల, వందల, వేల ఏళ్ళకొకసారి తిరుగుతూ ఉంటాయి. గ్రహకక్ష్యలకి వీటి కక్ష్యలకి మధ్య ఒక ముఖ్యమైన తేడా ఉంది. గ్రహకక్ష్యలు అన్నీ ఇంచుమించు ఒకే తలంలో ఉంటాయి. కాని తోకచుక్కలు మాత్రం గ్రహాలు ఉన్న తలానికి ఏ కోణంలోనైనా సూర్యుడిని సమీపిస్తాయి. అంతేకాక తోకచుక్కల్లో ఉండే పదార్థాలు తేలికైనవి, తేలికగా కరిగేవి అయ్యుంటాయి. అందుకే తోకచుక్కలు సూర్యుడిని సమీపిస్తున్నప్పుడు వాటి ఉష్ణోగ్రత పెరగడం

వల్ల, వాటి మీద పదార్థాలు కరిగి ఆవిరై తోకచుక్క నుండి ధారగా వెలువడుతుంటాయి.

ఊర్ట్ మేఘం – తోకచుక్కల జన్మస్థానం

1950లో ఊర్ట్ అనే శాస్త్రవేత్త సూర్యుడి నుంచి ఇంచుమించు ఒక కాంతిసంవత్సరం దూరంలో ఒక బృహత్తరమైన, మంచుకణికలతో కూడుకున్న పొర ఒకటి సూర్యుడి చుట్టూ నెమ్మదిగా పరిభ్రమిస్తూ ఉండొచ్చని సూచించాడు. అలాంటి కణికలు ఆ పొరలో ఒక నూరు బిలియన్లు (100,000,000,000) ఉండొచ్చని అంచనా వేశాడు. ఏ తారా ధూళి మేఘం నుంచి అయితే సౌరమండలం ఏర్పడిందో ఆ పదార్థపు అవశేషాలనుండి ఏర్పడ్డ పొర అన్నాడు. ఆ పొర సూర్యుడికి మరీ దూరంలో ఉండడంతో అలాగే దూరంగా ఉండిపోయిందని, సూర్యుడి గురుత్వాకర్షణ దాన్ని మరింత దగ్గరికి లాగలేకపోయిందని ఊర్ట్ ఊహించాడు.

మామూలుగా అయితే ఆ పదార్థం అంతా సూర్యుడి చుట్టూ స్థిరంగా పరిభ్రమిస్తూ ఉంటుంది. కాని అప్పుడప్పుడు కొన్ని ప్రత్యేక పరిస్థితుల వల్ల (సమీప తారల ఆకర్షణ బలాల వల్ల కావచ్చు), కొంత పదార్థం నెమ్మదించి అంతర సౌరమండలం (inner solar system) దిశగా పయనించి, సూర్యుడి చుట్టూ ఒక చుట్టు చుట్టి, తిరిగి అది పుట్టిన మంచుకణికల పొర దిశగా తరలిపోతుంది. ఇలాంటి సుదీర్ఘ ప్రయాణంలో వాటి గమన దిశ ఎలాగైనా ఉండొచ్చు. బాహ్య సౌరమండలంలో ఉండే బృహద్ గ్రహాల దగ్గరి నుంచి పోతున్నప్పుడు, ఆ గ్రహాల గురుత్వాకర్షణ వల్ల కూడా ఈ వస్తువుల కక్ష్యలు మారొచ్చు. ఆ ప్రభావం వల్ల ఆ వస్తువుల కక్ష్యలు పూర్తిగా గ్రహ వ్యవస్థకే పరిమితం అయ్యేలా మారిపోవచ్చు. ఒకసారి గ్రహ మండలంలోకి ప్రవేశించాక సూర్యతాపానికి ఆ వస్తువులోని పదార్థం వేగంగా (భూగర్భ శాస్త్ర కాలమానంతో పోలిస్తే) హరించుకుపోవచ్చు. సౌరమండలం పుట్టిన ఇన్ని బిలియన్ల సంవత్సరాలలోను, ఆ మంచుకణికల పొరలోని పదార్థంలో కేవలం 20% మాత్రమే ఇలా అంతర సౌరమండలంలోకి ప్రవేశించి ఉంటుందని ఊర్ట్ అంచనా వేశాడు.



ఊర్ట్ మేఘం – సౌరమండలం

గ్రహశకల వలయం (Asteroid Belt)

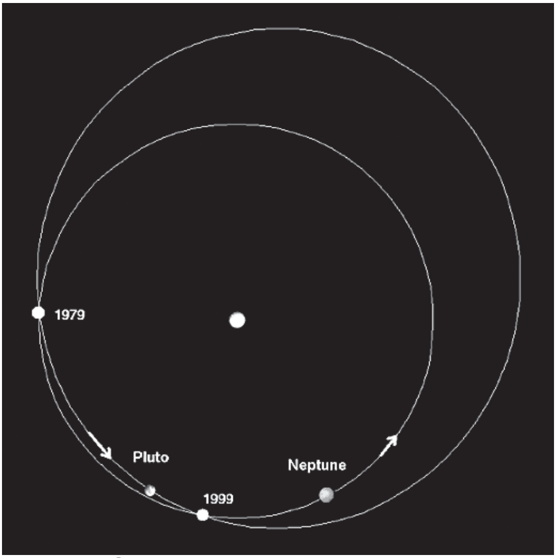
పైన చెప్పుకున్న సిద్ధాంతానికి విరుద్ధంగా ఉండే మరో విషయం గ్రహశకలాలు (asteroids). కొన్ని పదుల వేల సంఖ్యలో ఉన్న గ్రహ పదార్థపు తునకలివి. వీటిలో కాస్త పెద్దవి ఐదొందల మైళ్ళకి పైగా వ్యాసం గలవి. మైలు కన్నా చిన్న వ్యాసం గలవి కూడా ఉన్నాయి. మార్స్, జూపిటర్ కక్ష్యల మధ్య ఇవి తిరుగుతుంటాయి.

మైలు కన్నా చిన్న వ్యాసంగలవి కూడా ఉన్నాయి. మార్స్, జూపిటర్ కక్ష్యల మధ్య ఇవి తిరుగుతుంటాయి. గ్రహ కక్ష్యల వ్యాసాలు ఒక కచ్చితమైన క్రమాన్ని అనుసరించి ఉన్నట్లయితే, ప్రస్తుతం గ్రహశకలాలు ఉన్నచోట ఒక పెద్ద గ్రహం ఉండి ఉండాలని శాస్త్రవేత్తల అంచనా. మరి అక్కడ నిజంగా ఒకప్పుడు ఒక గ్రహం ఉండేదా? ఏదో కారణం వల్ల అది బద్దలై దాని శకలాలు సౌరమండలం అంతా చెల్లాచెదురు అయ్యాయా? ఆ పెద్ద విస్ఫోటానికి పర్యవసానంగా కొన్ని ఉపవిస్ఫోటాలు కూడా జరిగాయా? వాటి వల్లనే కొన్ని గ్రహశకలాల కక్ష్యలు దీర్ఘవృత్తాకారంలో ఏర్పడ్డాయా? అందుకే కొన్నిటి కక్ష్యలు

బాగా వాలుగా ఉంటాయా? లేదా సూర్యుడి గురుత్వ ప్రభావానికి దీటైన గురుత్వ ప్రభావాన్ని చూపించగల జూపిటర్ సమీపంలోనే ఉన్నాడు కాబట్టి, ఆ గ్రహశకలాలన్నీ సంపూర్ణ గ్రహంగా ఏర్పడే అవకాశం లేక అలా ఉండిపోయాయని అనుకోవాలా? ఏదేమైనా ఈ గ్రహశకలాల ఆవిర్భావం ఒక రహస్యంగానే మిగిలింది.

ప్లూటో జననం

ఈ రెండూ ఇలా ఉండగా ఇక మూడవ సమస్య ప్లూటో. 1930లో అమెరికన్ ఖగోళవేత్త క్లైడ్ విలియం టాంబాగ్ దీన్ని కనుక్కున్నాడు. బాహ్య సౌరమండలంలో ఉండే బృహద్ గ్రహాలు (జూపిటర్, సాటర్న్, యురేనస్, నెప్ట్యూన్‌లు) వాయుపూరితమై, వేగంగా పరిభ్రమించే గ్రహాలు. ప్లూటో పరిమాణంలో చిన్నది. అధిక సాంద్రత గలది. 6.4 రోజులకి ఒకసారి పరిభ్రమిస్తుంది. పైగా దీని కక్ష్య మరే ఇతర గ్రహం కన్నా కూడా ఎక్కువగా సాగదీసినట్టు ఉంటుంది. కాబట్టే అది సూర్యుడికి అత్యంత సమీపంగా వచ్చినప్పుడు నిజానికి అది నెప్ట్యూన్ కన్నా సూర్యుడికి దగ్గరగా వస్తుంది.



ప్లూటో, నెప్ట్యూన్ కక్ష్యల మధ్య సంబంధం

ఈ ప్లూటో ఒకప్పుడు నెప్ట్యూన్‌కి ఉపగ్రహంగా ఉండేదా అని ఆలోచించిన ఖగోళ వేత్తలు ఉన్నారు. ఉపగ్రహం కావడానికి అది కాస్త పెద్దదే. కాని అలా అనుకుంటే అది అంత నెమ్మదిగా (6.4 రోజులు) తనచుట్టూ తాను ఎందుకు తిరుగుతుందో అర్థం చేసుకోవచ్చు. బహుశ నెప్ట్యూన్ చుట్టూ అది ప్రదక్షిణ చెయ్యడానికి అన్ని రోజులు పట్టి ఉండొచ్చు. మన చందమామ విషయంలో ఒక ఆత్మభ్రమణ కాలం, భూమి చుట్టూ ఒక ప్రదక్షిణ కాలంతో సమానం అయినట్టే, ప్లూటో విషయంలో కూడా అదే జరిగి ఉండొచ్చు. బహుశ సౌరమండల స్థాయిలో ఏదో పెద్ద ఉపద్రవం జరిగి, అది నెప్ట్యూన్ పెద్ద ఉపగ్రహం అయిన ట్రైటన్, నెప్ట్యూన్ గ్రహమధ్య రేఖకి (equator) బాగా దూరంగా తిరుగుతూ ఉండొచ్చు. ఈ కారణం వల్లనే నెప్ట్యూన్ సూర్యుడికి మరింత దగ్గరగా జరిగి ఉండొచ్చు. ఎందుకంటే ఇతర గ్రహ కక్ష్యలన్నీ అనుసరించే సూత్రాన్ని నెప్ట్యూన్‌కి వర్తింపచేస్తే, నెప్ట్యూన్ వాస్తవంలో కన్నా సూర్యుడికి మరింత దూరంలో ఉండాలి. కాని ఈ పరిణామాలన్నిటికీ కారణమైన ఆ ఉపద్రవం ఏమిటో, అది ఎలా ఉంటుందో ఎవరికీ అర్థం కాలేదు.

గ్రహాల ఆత్మభ్రమణంతో వచ్చిన చిక్కులు

గ్రహాల ఆత్మభ్రమణం వల్ల కూడా కొన్ని సమస్యలు తలెత్తాయి. భూమికి ఉత్తర ధృవం ఉన్న వైపు నుండి సౌరమండలాన్ని గమనిస్తే, గ్రహాలన్నీ అపసవ్య (anticlockwise) దిశలో పరిభ్రమిస్తూ ఉండాలి. వాటి ఆత్మభ్రమణానికి సంబంధించిన అక్షం, సూర్యుడి చుట్టూ వాటి ప్రదక్షిణా తలాని (plane of revolution)కి లంబంగా ఉండాలి. సౌరమండలంలో అతి పెద్ద వస్తువులైన సూర్యుడు, జూపిటర్ విషయంలో ఇది సత్యమే. కాని ఇతర గ్రహాల విషయంలో చాలా విడ్డూరమైన తేడాలు కనిపిస్తున్నాయి.

భూమి పరిభ్రమించే అక్షానికి, లంబానికి మధ్య 23.5^0 ఎడం ఉంటుంది. అలాగే మార్స్, సాటర్న్, నెప్ట్యూన్ గ్రహాలు లంబం నుండి వరసగా 25^0, 27^0, 29^0 వాలు కలిగి ఉంటాయి. యురేనస్ తీరు మరి కొంచెం విపరీతంగా ఉంటుంది. దాని అక్షం వాలు విలువ 98^0. అంటే లంబకోణం కన్నా కాస్త ఎక్కువ అన్నమాట. అంటే అది నిటారుగా నిల్చోకుండా, పక్కకి ఒరిగి దాని

కక్ష్యలో దొర్లుకుంటూ పోతోందన్నమాట.

గ్రహాలకి ఈ వాలు ఎక్కడినుంచి వచ్చింది? ముఖ్యంగా యురేనస్ వాలు అంత విపరీతంగా ఎందుకు ఉంది? ఈ ప్రశ్నలకి ఇప్పటికీ కచ్చితమైన సమాధానాలు లేవు. అలాగే వీనస్ గ్రహం ప్రదక్షిణ విషయంలో కూడా కొన్ని తీరని చిక్కులు ఉన్నాయి. ఒక పెద్ద వస్తువు చుట్టూ ఒక చిన్న వస్తువు పరిభ్రమిస్తున్నప్పుడు, పెద్ద వస్తువు గురుత్వం వల్ల పుట్టే తరంగ ప్రభావం (tidal effect) వల్ల చిన్న వస్తువు ఆత్మభ్రమణ వేగం క్రమంగా నెమ్మదిస్తుందని, అలా నెమ్మదించి నెమ్మదించి ఒక దశలో దాని ప్రదక్షిణ కాలం దాని ఆత్మభ్రమణ కాలంతో సమానం అవుతుందని, అంటే పెద్ద వస్తువుకి ఎప్పుడూ ఒకే ముఖం చూపుతూ పరిభ్రమిస్తుందని ఖగోళ శాస్త్రవేత్తలకి ఎంతో కాలంగా తెలిసిన విషయమే. భూమి చుట్టూ చందమామ తిరిగే తీరులో ఈ సూత్రమే కనిపిస్తుంది. చందమామ ఆత్మభ్రమణ కాలం, భూమి చుట్టూ దాని ప్రదక్షిణ కాలం (29.5 రోజులు)తో సమానం.

మెర్క్యురీ, వీనస్ గ్రహాలు సూర్యుడికి అంత దగ్గరగా ఉంటాయి కాబట్టి, వాటి గమనంలో పై సూత్రం వర్తిస్తుందని శాస్త్రవేత్తలు భావించారు. మెర్క్యురీ సంవత్సరకాలం 88 రోజులైతే, వీనస్ సంవత్సర కాలం 225 రోజులు. అయితే వీటి ఆత్మభ్రమణ కాలాన్ని కనుక్కోవడం అంత తేలిక కాదు. మెర్క్యురీని పరిశీలించడంలో కొన్ని ఇబ్బందులు ఉన్నాయి. ఇది మనకి కొంచెం దూరంలో ఉంది. బాగా చిన్నది. పైగా సూర్యుడికి మరీ దగ్గరగా ఉండడంతో సూర్య తేజపు తీక్షణతలో దాని ఉపరితల దృశ్యం స్పష్టంగా ఉండదు. అయినా కూడా 1880ల కాలంలోనే ఇటాలియన్ ఖగోళవేత్త జియొవానీ వర్జీనియో షియాపరెల్లీ మెర్క్యురీ ముఖం మీద ఏవో విచిత్రమైన గుర్తులు ఉన్నాయని అనుకున్నాడు. వాటి సహాయంతో మెర్క్యురీ ఆత్మభ్రమణ కాలాన్ని అంచనా వేసి ఆ విలువ 88 దినాలు అని తేల్చాడు.

ఇక వీనస్ విషయం మరింత జటిలం. వీనస్ వాతావరణంలో ఉండే శాశ్వత మబ్బుతెర మాటున వీనస్ ఉపరితల విశేషాలు కనుమరుగై ఉంటాయి. కాబట్టి భూమి నుండి చూసే పరిశీలకులకి దాని ముఖం మీద ఎలాంటి

గుర్తులూ కనిపించలేదు. కాబట్టి 1960ల వరకు కూడా మనకి అతి దగ్గరిదైన వీనస్ ఆత్మభ్రమణ కాలాన్ని తెలుసుకోలేక పోయాం కాని, మనకి అత్యంత దూరంలో ఉన్న ప్లూటో ఆత్మభ్రమణ కాలాన్ని కనుక్కోగలిగాం.

వీనస్ ముఖం కనిపించలేదు అన్నప్పుడు దృశ్య కాంతి సహాయంతో దాన్ని చూడలేకపోయాం అని అర్థం. కాని 1960లలో రేడియో తరంగాలతో వీనస్ ముఖాన్ని పరిశీలించే పద్ధతి మొదలయ్యింది. తక్కువ తరంగదైర్ఘ్యంగల క్లుప్తమైన రేడియోతరంగ స్ఫోటాలని (pulses) ఒక వస్తువు మీదకి ప్రసరించి, ఆ వస్తువు నుండి పరావర్తనం చెంది తిరిగి వచ్చిన రేడియో తరంగ స్ఫోటాల సహాయంతో, ఆ వస్తువు రూపురేఖలని కనుక్కోవచ్చు. 1946లో ఈ పద్ధతితో మన చందమామ ముఖాన్ని శోధించడానికి వీలయ్యింది. రేడియో తరంగాల సహాయంతో ఖగోళ వస్తువులని పరిశీలించే ఒక కొత్త శాస్త్రానికే రేడియో ఖగోళ విజ్ఞానం అని పేరు.

అయితే చందమామ నుండి తిరిగొచ్చే రేడియో తరంగాలు అంత ముఖ్యం కాదు. ఎందుకంటే సాధారణ సూర్యకాంతిలో కూడా చందమామ ముఖాన్ని స్పష్టంగా పరిశీలించవచ్చు. మరి వీనస్ మాటేమిటి? వీనస్ మీదకి ప్రసరింప చేసిన రేడియో తరంగాలు మబ్బు తెరని ఛేదించుకుని, అడుగున ఉన్న కఠిన నేలని ఢీకొని పరావర్తనం చెంది భూమికి తిరిగి వస్తాయి. 1961లో ఈ విషయాన్ని అమెరికా, గ్రేట్ బ్రిటన్, (అప్పటి) సోవియట్ యూనియన్ దేశాలకి చెందిన శాస్త్రవేత్తలు పరిశీలించి తేల్చుకున్నారు. రేడియో తరంగాలు వీనస్‌ని తాకి, భూమిని తిరిగి చేరుకోడానికి పట్టే సమయాన్ని ఆధారంగా చేసుకొని వీనస్ దూరాన్ని తెలుసుకోవచ్చు. ఈ పద్ధతితో సౌరమండలంలో మరెన్నో వస్తువుల దూరాలని తెలుసుకోవడం మొదలుపెట్టారు. అనతికాలంలోనే ఈ రేడియో తరంగ పద్ధతిలో మెర్క్యురీ పరిశీలన కూడా మొదలయ్యింది. 1962లో ఒక సోవియట్ బృందం మొట్టమొదటిసారిగా అలాంటి పరిశీలన చేసింది.

లక్ష్యాన్ని తాకి తిరిగొచ్చిన తరంగ లక్షణాలు, ఆ లక్ష్యం ఉపరితల తీరుతెన్నుల మీద ఆధారపడతాయి. ఉదాహరణకి లక్ష్యం ఉపరితలం నునుపుగా కాక, గరుకుగా, ఎగుడు దిగుడుగా ఉంటే, తిరిగొచ్చిన తరంగ పుంజం మరింత

విస్తరిస్తుంది. అలాగే లక్ష్యం ఉపరితలం నిశ్చలంగా ఉండక, పరిభ్రమిస్తూ ఉంటే, తిరిగొచ్చిన తరంగంలోని పౌనఃపున్యాల విస్తృతి మరింత ఎక్కువ అవుతుంది. ఈ మార్పు ఎంత ఎక్కువగా ఉంటుంది అన్నది, ఉపరితలం గరుకుదనం మీద, ఆత్మభ్రమణ వేగం మీద ఆధారపడుతుంది.

1965లో రాల్ఫ్ బుఖనన్ డైస్, జి.హెచ్. పెటెంగిల్ అనే ఇద్దరు అమెరికన్ శాస్త్రవేత్తలు రేడియో తరంగాల సహాయంతో మెర్క్యురీ ఉపరితలాన్ని శోధించారు. అనుకున్న దానికన్నా మెర్క్యురీ మరింత వేగంగా పరిభ్రమిస్తోందని ఆ పరిశీలనల్లో తేలింది. అంతకు ముందు అందరూ అనుకున్నట్టు మెర్క్యురీ ఆత్మభ్రమణ కాలం 88 రోజులు కాదు. 59 రోజులు మాత్రమే! ఈ సత్యాన్ని 1968లో కాంతి తరంగాలతో నిర్ధారించారు. అంటే దాని ఆత్మభ్రమణ కాలం దాని సంవత్సర కాలంలో 2/3 వంతు మాత్రమే.

వీనస్ పరిస్థితి కూడా ఇలాగే కొంచెం విడ్డూరంగా ఉంది. రేడియో తరంగాలు చెప్పిన సాక్ష్యం ప్రకారం వీనస్ ఉపరితలం గరుకుగా ఉంటుందని తెలిసింది. 1965 కాలానికి వీనస్ మీద రెండు పెద్ద పర్వత శ్రేణులని కనుక్కున్నారు. వాటిలో ఒకటి ఉత్తర-దక్షిణ దిశలో పరిగెడుతోంది. దాని పొడవు 2000 మైళ్ళు, వెడల్పు కొన్ని వందల మైళ్ళు. వీటికి ఆల్ఫా పర్వతాలు అని పేరు పెట్టారు. ఇక రెండవ శ్రేణి తూర్పు-పడమర దిశలో విస్తరించి ఉంది. ఈ పర్వతాలకి బీటా పర్వతాలు అని పేరు పెట్టారు.

అయితే 1964 నాటికే వీనస్ చాలా నెమ్మదిగా పరిభ్రమిస్తోందని తెలిసింది. వీనస్ సంవత్సర కాలం 225 రోజులు కాబట్టి, దాని ఆత్మభ్రమణ కాలం కూడా అంతే అనుకున్నారు. కాని తీరా కొలిచి చూస్తే దాని ఆత్మభ్రమణ కాలం 243 రోజులు అని తేలింది. దాని అక్షం మాత్రం గ్రహాలు ఉన్న తలానికి ఇంచుమించు లంబంగా ఉంది. మరో విచిత్రమైన విషయం ఏంటంటే వీనస్ ఆత్మభ్రమణం తప్పుడు దిశలో ఉంది. భూమి ఉత్తర ధృవం వైపు నుండి చూస్తే, వీనస్ ఆత్మభ్రమణం సవ్య (clockwise) దిశలో జరుగుతోంది. తక్కిన గ్రహాలన్నీ (ఒక్క యురేనస్ తప్ప) అపసవ్య (anticlockwise) దిశలో తిరుగుతాయి. అంటే వీనస్ తలకిందులుగా ఉన్నట్టు అనుకోవాలన్నమాట.

దాని ఉత్తర ధృవం కిందికి చూపిస్తుంటే, దక్షిణ ధృవం పైకి తిరిగి ఉంటుంది!

ఇదిలా ఎందుకు ఉందో ఎవరూ చెప్పలేకపోయారు.

మరో విశేషం ఏంటంటే, వీనస్ సంవత్సర కాలం ఎలా ఉందంటే, అది భూమికి అతి దగ్గరగా వచ్చిన ప్రతిసారీ ఒకే ముఖాన్ని మనకి ప్రదర్శిస్తుంది. భూమి గురుత్వం వీనస్ మీద పని చేయడం వల్ల, ఈ రెండు గ్రహాల కక్ష్యల మధ్య ఇలాంటి విశేషమైన సంబంధం ఏర్పడుతోందా? వీనస్ మీద అతి పెద్ద ప్రభావం సూర్యుడిదే. మరి సూర్యుడికన్నా అంత చిన్నది, మరింత దూరంలో ఉన్న భూమికి వీనస్ మీద అంత ప్రభావం ఉండడం ఎలా సాధ్యం? ఈ ప్రశ్నకీ సమాధానం లేదు.

ఆ విధంగా 1960లలో వీనస్ ఒక సమస్యాత్మక గ్రహంగా ఖగోళ శాస్త్రంలో ఒక విశేష స్థానాన్ని ఆక్రమించుకుంది.

అయితే సమస్యల కోసం వీనస్ వరకు కూడా పోనక్కర్లేదు. అందమైన మన చందమామకి సంబంధించిన కొన్ని చిక్కులు ఇంకా తేలనే లేదు. మాతృ గ్రహమైన భూమితో పోలిస్తే చందమామ కాస్త పెద్దది అనే చెప్పాలి. భూమి ద్రవ్యరాశిలో చందమామ ద్రవ్యరాశి 1/81 వంతు. సౌరమండలంలో మరే ఇతర ఉపగ్రహమూ దాని మాతృగ్రహంతో పోలిస్తే అంత ఎక్కువ ద్రవ్యరాశి కలిగి లేదు. మరో విషయం ఏంటంటే చందమామ కక్ష్య ఉన్న తలం, భూమధ్య రేఖ ఉన్న తలంతో సమానం కాదు. చందమామ కక్ష్య ఉన్న తలం గ్రహాలు ఉన్న తలానికి మరింత సన్నిహితంగా ఉండడం ఆశ్చర్యం కలిగిస్తుంది. బహుశ చందమామ మొదటినుంచి భూమికి ఉపగ్రహం కాదేమో? దారే పోతున్న చందమామని భూమి తన గురుత్వపు పిడికిట్లో పట్టి బంధించిందేమో? కాబట్టి చందమామని భూమికి ఉపగ్రహం అనే కన్నా, భూమికి జంట గ్రహం అంటే సమంజసంగా ఉంటుందేమో?

చంద్రోద్భవ రహస్యాన్ని గురించి, పృథ్వీ చంద్ర వ్యవస్థ గత చరిత్ర గురించి మరింత లోతుగా తెలుసుకోవాలన్న ఉత్సుకతే చందమామ గురించిన ఎన్నో పరిశీలనలకి ఊపిరి పోసింది. చందమామ మీద మనిషి పాదం మోపడానికి కూడా ఆ ఉత్సుకతే ప్రోద్బలం అయ్యింది.

భూమి ఆకృతి, పరిమాణం

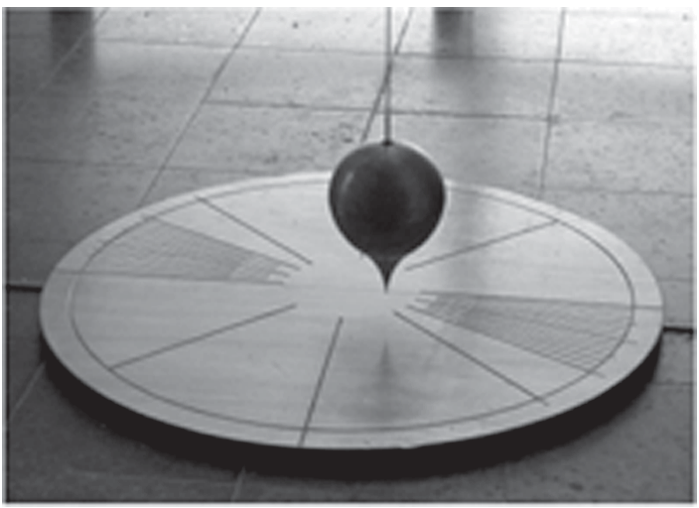
భూమి గురించి ప్రాచీన గ్రీకులకి వచ్చిన అతి గొప్ప ఆలోచన అది గోళాకారంలో ఉండొచ్చునన్న ఆలోచన. దాన్ని మొట్టమొదట సూచించిన వాడు సామోస్‌కి చెందిన పైథాగరస్ (క్రీ.పూ. 525 కాలంలో) అని చెప్పుకుంటారు. గోళం పరిపూర్ణమైన ఆకారం కాబట్టి భూమి గోళాకారంలో ఉండి ఉంటుందని తాత్వికంగా ఆలోచించాడు పైథాగరస్. అయితే తదనంతరం గ్రీకులు పరిశీలనలు చేసి ఆ విషయాన్ని నిర్ధారించుకున్నారు. భూమి బల్లపరుపుగా లేదని, గోళాకారంలో ఉందని చెప్పే బలమైన ఆధారాలు క్రీ.పూ. 350 కాలంలో అరిస్టాటిల్ సాధించాడు. ఈ విషయంలో తన వాదన ఇలా ఉండేది. భూమి మీద ఉత్తరంగా కాని, దక్షిణంగా కాని ప్రయాణిస్తే క్షితిజరేఖ (horizon) వద్ద అంతకు ముందు కనిపించని కొత్త తారలు కనిపించేవి. అంతకు ముందు కనిపించే తారలు అంతర్ధానమయ్యేవి. అలాగే సముద్రయానం మీద బయలుదేరిన ఓడలు, తీరానికి దూరం అవుతున్నప్పుడు, వాటి అడుగుభాగం ముందు మాయం కావడం మొదలుపెడుతుంది. అలాగే చంద్రగ్రహణం సమయంలో చందమామ మీద పడే భూమి నీడ ఎప్పుడూ వృత్తాకారంలోనే ఉంటుంది. ఈ చివరి రెండు విషయాలు కూడా భూమి గోళాకారంలో ఉంటేనే సాధ్యం.

పండితులు, కవులు కూడా భూమి గోళాకారంలో ఉంటుందనే అనుకోసాగారు. ఇటాలియన్ కవి డాంటే అలిగియెరీ తన మహాకావ్యం డివైన్ కామెడీలో భూమి గోళాకారంలో ఉందనే వర్ణించాడు.

భూమి గోళాకారంలో ఉందని అనుకోవడం ఒక ఎత్తు, ఆత్మభ్రమణం గల గోళంలా ఉందని అనుకోవడం మరో ఎత్తు. రమారమి క్రీ.పూ. 350లో గ్రీకు తాత్వికుడు హెరాక్లిడస్ (పాంటస్‌కి చెందినవాడు) మొత్తం విశ్వమంతా భూమి చుట్టూ ప్రదక్షిణ చేస్తోంది అనుకునే కన్నా, భూమే తన అక్షం చుట్టూ పరిభ్రమిస్తోందని అనుకోవడం సమంజసంగా ఉందన్నాడు. కాని తదనంతరం మధ్యయుగపు పండితులకి ఈ విషయం రుచించలేదు. తరవాత 1632లో రోమ్‌కి చెందిన మతాధికారులు గెలీలియోని శిక్షిస్తూ, సూర్యుడి చుట్టూ భూమి

తిరుగుతోందని చెప్పే తన భావాలని వెనక్కు తీసుకోమని ఆజ్ఞాపించారు.

క్రమంగా కోపర్నికస్ సిద్ధాంతానికి ఆదరణ పెరిగింది. భూమి నిశ్చలంగా ఉందని అనుకోవడం కన్నా కదులుతోంది అనుకోవడమే మరింత తర్కబద్ధంగా ఉందని అనుకోసాగారు. చివరికి 1851లో భూమి ఆత్మభ్రమణాన్ని నిరూపించే ప్రయోగం ఒకటి జరిగింది. ఆ ఏడాది ఫ్రాన్స్‌కి చెందిన జాన్ ఫోకాల్ట్ అనే భౌతిక శాస్త్రవేత్త పారిస్‌లో ఒక చర్చి చూరు నుండి ఒక పెద్ద లోలకాన్ని (pendulum) వేలాడదీశాడు. భౌతిక శాస్త్రం ప్రకారం ఆ లోలకం ఒకే తలంలో, భూమి ఆత్మభ్రమణంతో సంబంధం లేకుండా, డోలాయమానంగా కదులుతూ ఉండాలి. ఉదాహరణకి ఉత్తర ధృవం వద్ద, అడుగున భూమి అపసవ్య దిశలో ఇరవై నాలుగు గంటలకి ఒకసారి తిరుగుతూ ఉంటే, లోలకం మాత్రం ఒక ప్రత్యేక తలంలో కదులుతూ ఉండాలి. కాని భూమి మీద నించుని లోలకాన్ని గమనించే పరిశీలకుడికి మాత్రం, తాను భూమితో పాటు తిరుగుతూ ఉంటాడు కాబట్టి, లోలకం కదిలే తలం సవ్య దిశలో ఒక పూర్తి చుట్టు తిరుగుతున్నట్టు కనిపిస్తుంది. అలాగే దక్షిణ ధృవంలో కూడా అదే జరుగుతుంది కాని, లోలకం కదిలే తలం అపసవ్య దిశలో కదులుతున్నట్టు కనిపిస్తుంది.



ఫోకాల్ట్ లోలకం

ధృవాలకి దూరంగా ఉండే అక్షాంశరేఖల (latitudes) వద్దకి వస్తే అక్కడ కూడా లోలకం కదిలే తలం తిరుగుతుంది. ఉత్తర గోళార్థంలో సవ్య దిశలోను, దక్షిణ గోళార్థంలో అపసవ్య దిశలోను తిరుగుతుంది. కాని ధృవాల నుండి దూరం అవుతున్న కొద్దీ ఆ తలం తిరిగే ఆవర్తక కాలం క్రమంగా పెరుగుతూ వస్తుంది. ఇక భూమధ్య రేఖ వద్దకి వస్తే లోలకం కదిలే తలం అసలు తిరగనే తిరగదు.

ఆ విధంగా ఫోకాల్ట్ ప్రయోగంలో లోలకం కదిలే తలం ఒక ప్రత్యేక దిశలో, ఒక ప్రత్యేక ఆవర్తక కాలంతో తిరుగుతుంది. ఒక విధంగా ఈ ప్రయోగంలో కదిలే లోలకం అడుగున భూమి ఎలా పరిభ్రమిస్తోందో కళ్ళారా చూడొచ్చు.

భూమి తన చుట్టూ తాను తిరగడం అనేది నిజమైతే దానికి ఎన్నో పర్యవసానాలు ఉంటాయి. దాని వేగం ధృవాల వద్ద వేగం కన్నా భూమధ్యరేఖ వద్ద ఎక్కువ ఉండాలి. ఇరవైనాలుగు గంటలకొకసారి ప్రదక్షిణ చేస్తుంది కాబట్టి, భూమధ్యరేఖ వద్ద ఉండే ఏ బిందువైనా ఒక రోజు కాలంలో 25,000 మైళ్ళు ప్రయాణించాలి. అంటే గంటకి 1000 మైళ్ళ కన్నా కాస్త ఎక్కువ అన్న మాట! భూమధ్య రేఖ నుండి ఉత్తరంగా కాని, దక్షిణంగా కాని కదులుతుంటే ఉపరితలం కదిలే వేగం తక్కువ అవుతూ వస్తుంది. ఎందుకంటే అదే కాలంలో ఆ స్థలం మరింత చిన్న వృత్తంలోనే కదులుతుంది. ఇక ధృవాల వద్ద అయితే ఆ వృత్తం మరీ చిన్నది. అంటే ఉపరితలం నిశ్చలంగా ఉంటుందన్నమాట.

భూమి ఉపరితలం కదులుతుంటే దాంతో పాటు దాన్ని ఆనుకుని ఉన్న గాలి పొర కూడా కదులుతుంది. ఒక వాయు రాశి భూమధ్య రేఖ నుండి బయలుదేరి ఉత్తరంగా కదులుతోంది అనుకుందాం. ఉత్తరంలోని భూభాగాలు భూమధ్య రేఖ కన్నా నెమ్మదిగా కదులుతుంటాయి. కాబట్టి, వాయు రాశి వేగం పడమర నుండి తూర్పు దిశగా కదిలే అక్కడి భూభాగాల వేగం కన్నా ఎక్కువగా ఉంటుంది. అందువల్ల ఆ వాయురాశి అక్కడి భూభాగం మీద తూర్పు దిశగా ప్రయాణిస్తుంది. భూమి ఆత్మభ్రమణం కారణంగా గాలి గమనదిశలో వచ్చే ఈ మార్పునే కోరియోలిస్ ప్రభావం అంటారు. ఫ్రెంచ్ గణితవేత్త గాస్పర్డ్ ద

కోరియోలిస్ దీన్ని మొట్టమొదట 1835లో పరిశోధించాడు. అతడి పేరే ఈ ప్రభావానికి పెట్టారు.

కోరియోలిస్ ప్రభావం వల్ల ఉత్తర గోళార్థంలో వాయుతరంగాలు సవ్య దిశలో చుట్లు కొడుతుంటాయి. దక్షిణ గోళార్థంలో ఈ ప్రభావం వ్యతిరేక దిశలో పనిచేస్తుంది. కాబట్టి అపసవ్య దిశలో వాయుతరంగాలు తిరుగుతుంటాయి. అలా కదిలే వాయు తరంగాలలో పుట్టే అలజడులనే ఉత్తర అట్లాంటిక్ సముద్రం మీద హరికేన్ (hurricane) లని, ఉత్తర పసిఫిక్ సముద్ర ప్రాంతాల్లో తుఫాన్లు (typhoons) అని పిలుస్తుంటారు. వీటిలో కాస్త తక్కువ తీవ్రత గల వాటిని సైక్లోన్‌లని, టోర్నడోలని అంటారు.



కోరియోలిస్ ప్రభావం వల్ల ఉత్తర, దక్షిణ గోళార్థంలో వాయు తరంగాల చలనాలు

అయితే భూమి ఆత్మభ్రమణానికి ఒక ముఖ్య ఫలితాన్ని ఫోకాల్ట్ ప్రయోగానికి రెండు శతాబ్దాలకి ముందే, అంటే ఐసాక్ న్యూటన్ కాలంలోనే ఊహించారు. అప్పటికే భూమి ఒక పరిపూర్ణ గోళం అన్న భావన రమారమి 2000 ఏళ్ళుగా ఉంది. మరి అలాంటి గోళం దాని అక్షం మీద అది కదులుతుంటే ఏం జరుగుతుందో న్యూటన్ జాగ్రత్తగా ఆలోచించాడు.

ఆత్మభ్రమణ వేగం పెరుగుతుంటే కేంద్రం నుండి దూరంగా నెట్టివేసే అపకేంద్ర బలం (centrifugal force) ఎక్కువ అవుతూ వస్తుంది. కాబట్టి నిశ్చలంగా ఉండే ధృవాల వద్ద అపకేంద్రం బలం సున్నా అని, భూమధ్య రేఖ వద్ద గరిష్ఠ విలువ కలిగి ఉంటుందని తేలికగా అర్థం చేసుకోవచ్చు. అంటే భూమధ్య రేఖ వద్ద భూమి ఉబ్బెత్తుగా పొంగి ఉండాలి. అలాగే ధృవాల వద్ద కూడా చప్పిడిగా, అణిచినట్టుగా ఉండాలి. ఒక విధంగా చెప్పాలంటే క్రికెట్ బంతిలా కన్నా, నారింజ పండులా ఉండాలి. భూమధ్య రేఖ వద్ద వ్యాసం కన్నా ధృవాల వద్ద వ్యాసం 1/230 వంతు తక్కువ ఉండాలని న్యూటన్ అంచనా వేశాడు. అది ఆధునిక కొలతలతో చక్కగా సరిపోతోంది.

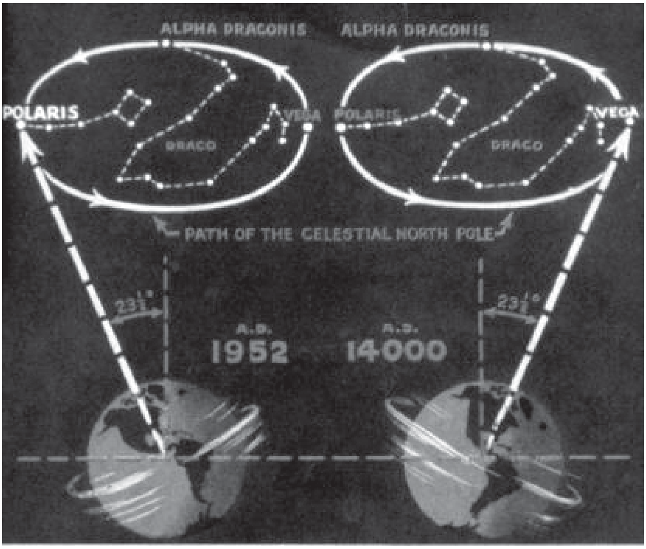
భూమి తనచుట్టూ తాను ఎంత నెమ్మదిగా తిరుగుతోంది అంటే ఆకృతిలో ఈ సూక్ష్మమైన తేడాలని కనుక్కోవడం అంత తేలిక కాదు. కాని న్యూటన్ కాలంలోనే అతని తర్కాన్ని సమర్థించే రెండు ఖగోళ శాస్త్ర పరిశీలనలు జరిగాయి.

జూపిటర్, సాటర్న్ గ్రహాలు ధృవాల వద్ద కాస్త చప్పిడిగా ఉన్నాయని (ఇటలీలో పుట్టిన) ఫ్రెంచ్ ఖగోళవేత్త జియోవానీ కాసినీ 1687లో కనుక్కున్నాడు. ఈ రెండు గ్రహాలూ భూమి కన్నా చాలా పెద్దవే. భూమి కన్నా చాలా వేగంతో తమచుట్టూ తాము తిరిగేవే. ఉదాహరణకి జూపిటర్ మధ్యరేఖ వద్ద దాని వేగం గంటకి 27,000 మైళ్ళు ఉంటుంది. అంత బ్రహ్మాండమైన వేగాల వద్ద పుట్టే అపకేంద్ర బలాల వల్ల ఆ గ్రహం ధృవాల వద్ద చప్పిడిగా ఉందంటే ఆశ్చర్యం లేదు.

భూమి ఆత్మభ్రమణానికి మరో పర్యవసానం కూడా ఉంది. భూమధ్య రేఖ వద్ద భూమి నిజంగానే పొంగినట్టుగా ఉంటే, భూమి చుట్టూ (భూమధ్య రేఖకి కాస్త ఉత్తరంగాను, దక్షిణంగాను మారుతూ) ప్రదక్షిణ చేసే చంద్రుడి గురుత్వాకర్షణ ప్రభావం వల్ల, భూమి అక్షం కూడా నెమ్మదిగా పరిభ్రమిస్తూ ఉంటుంది. బొంగరం గిర్రున తిరుగుతుంటే, దాని అక్షం కాస్త నెమ్మదిగా ఒక శంకువు (cone) ఆకారంలో కదులుతూ ఉంటుంది, అదే విధంగా భూమి అక్షం కూడా ఆకాశంలో ఎప్పుడూ ఒకే దిశలో తిరిగి ఉండక, వృత్తాకారంలో

కదులుతూ ఉంటుంది. ఆ చలనం ఆవృత్తికాలం 26,000 ఏళ్ళు!

భూమి ఈ కదలిక గురించి క్రీ.పూ. 350లోనే నైసేయియాకి చెందిన హిప్పార్కస్ తెలుసుకున్నాడు. తన కాలంలో ఆకాశంలో తారల విన్యాసానికి, తనకంటే ఒక శతాబ్దం క్రితం తన పూర్వీకులు నమోదు చేసిన తారల విన్యాసానికి మధ్య తేడా ఉందని గుర్తించాడు. భూమి అక్షంలో ఈ చలనం వల్ల భూమి విషువత్తు (equinox) సమయాన్ని ప్రతి ఏటా ఒక 50 కోణపు సెకనులు తూర్పు పక్కగా చేరుకుంటోంది. అంటే ప్రతి ఏటా విషువత్తు కాస్తంత ముందుగా వస్తోంది అన్నమాట! విషువత్తులలో ఏటా వచ్చే ఈ సూక్ష్మమైన మార్పుకే విషువత్ చలనం అని పేరు.



విషువత్ చలనం: 26,000 ఏళ్ళ ఆవృత్తి గల భూమి అక్షం చలనం. ప్రస్తుతం ధృవ నక్షత్రం దిశగా తిరిగి ఉన్న భూమి అక్షం, క్రీ.శ. 14,000 కాలానికి వేగా (అభిజిత్) నక్షత్రం వైపు తిరిగి ఉంటుంది.

ఇలాంటి పరోక్షమైన ఆధారాలతో తృప్తి చెందని శాస్త్రవేత్తలు ఇంకా సూటిగా భూమి ఆకృతి గురించి తెలుసుకోవాలని అనుకున్నారు. అందుకోసం త్రికోణమితి పద్ధతుల మీద ఆధారపడ్డారు. ఉబ్బెత్తుగా వంపు తిరిగిన తలం

మీద త్రికోణంలోని కోణాలు కలిపితే ఆ మొత్తం 180^0 కన్నా ఎక్కువ ఉంటుంది. తలం వంపు ఎంత ఎక్కువ ఉంటే, కోణాల మొత్తం 180^0 కన్నా అంత ఎక్కువ ఉంటుంది. న్యూటన్ చెప్పినట్టు భూమి గోళాకారంలో కాక నారింజపండులా ఉంటే, భూమధ్యరేఖ ప్రాంతాల్లో మరింత వంపుగాను, ధృవాల వద్ద మరింత చదునుగాను ఉండాలి. 1730లలో కొందరు ఫ్రెంచ్ శాస్త్రవేత్తలు ఫ్రాన్స్‌లో ఉత్తర, దక్షిణ ప్రాంతాల్లో విస్తృతంగా సర్వే చేశారు. ఈ కొలతల ఆధారంగా ఫ్రెంచ్ ఖగోళవేత్త జాక్ కాసినీ (జూపిటర్, సాటర్న్‌లు ధృవాల వద్ద చప్టాగా ఉన్నాయని కనుక్కున్న గియొవానీ డొమినికో కాసినీ కొడుకు) భూమధ్యరేఖ వద్ద కాక, ధృవాల వద్ద భూమి ఉబ్బినట్టు ఉందన్న నిర్ణయానికి వచ్చాడు! ఒక సామాన్యమైన ఉపమానాన్ని తీసుకోవాలంటే భూమి నారింజపండులా కాక, దోసకాయలా ఉందన్నమాట!

కాని కేవలం ఫ్రాన్స్‌లో ఉత్తరానికి, దక్షిణానికి మధ్య వక్రత (curvature)లో తేడాలు చాలా సూక్ష్మంగా ఉంటాయి. వాటిని బట్టి మొత్తం భూమి ఆకారం గురించి ఒక నిర్ణయానికి రావడం కష్టం. కాబట్టి తదనంతరం 1735, 1736 ప్రాంతాల్లో రెండు ఫ్రెంచ్ వైజ్ఞానిక బృందాలు ఈసారి బాగా దూరంగా ఉన్న ప్రాంతాలకి వెళ్ళాయి. ఒకటి భూమధ్య రేఖ వద్ద ఉన్న పెరూ దేశానికి ప్రయాణిస్తే, రెండవది ఆర్కిటిక్ సమీపంలో ఉన్న లాప్లాండ్‌కి వెళ్ళింది. 1744 కల్లా వాటి సర్వేలు ఒక స్పష్టమైన ఫలితాన్ని సూచించాయి – లాప్లాండ్‌లో కన్నా పెరూలో భూమి వక్రత ఎక్కువగా ఉంది.

ప్రస్తుతం మనకు లభ్యమయ్యే మరింత సునిశితమైన పరికరాల సహాయంతో ధృవాల వద్ద వ్యాసం (7899.78 మైళ్ళు) కన్నా భూమధ్య రేఖ వద్ద భూమి వ్యాసం (7926.36 మైళ్ళు) 26.58 మైళ్ళు ఎక్కువగా ఉంది అని తెలుసుకున్నారు.

కొలతలు – ప్రమాణాలు

భూమి ఆకృతి గురించి పద్దెనిమిదవ శతాబ్దంలో జరిగిన కొలతల వ్యవహారానికి పర్యవసానంగా మన కొలమాన పద్ధతులు ఎంత మోటుగా ఉన్నాయో అర్థమయ్యింది. కొలత పద్ధతులని మరింత మెరుగు పరచవలసిన

అవసరం కనిపించింది. సునిశితంగా కొలవడానికి తగ్గ ప్రమాణాలేంటో ఎవరికీ తెలియదు. ఒక అర్ధశతాబ్ద కాలం తరవాత, ఫ్రెంచ్ విప్లవం జరుగుతున్న సమయంలో, మీటర్ మీద ఆధారపడ్డ – మెట్రిక్ – పద్ధతిని వైజ్ఞానిక సమాజం ప్రపంచవ్యాప్తంగా ఒక ప్రమాణంగా స్వీకరించింది. ప్రస్తుతం ప్రతి అభివృద్ధి గాంచిన, లేదా అభ్యుదయ దేశంలోను ఈ మెట్రిక్ పద్ధతినే వాడుతున్నారు. ఇందుకు రెండే మినహాయింపులు – అమెరికా, యూ.కె.

కచ్చితమైన కొలమానాలు వైజ్ఞానిక ప్రక్రియకి ఎంత ముఖ్యమో ప్రత్యేకించి చెప్పనక్కర్లేదు. అలాంటి ప్రమాణాలని రూపొందించడంలో, అమలు పరచడంలో ఎంతో వైజ్ఞానిక ప్రయాస, వ్యయం ఉంటాయి. రసాయనిక ప్రభావానికి లొంగని ప్లాటినమ్–ఇరిడియమ్ మిశ్రలోహంతో నిర్మించిన మీటర్, కిలోగ్రామ్ ప్రమాణాలు పారిస్‌లో ఒకచోట పదిలంగా భద్రపరిచారు. ఉష్ణోగ్రతలో వచ్చే మార్పుల వల్ల వాటిలో సంకోచ, వ్యాకోచాలు కలగకుండా అక్కడ ఉష్ణోగ్రత మారకుండా కచ్చితంగా నియంత్రిస్తారు.

ఉష్ణోగ్రతలో మార్పుల ప్రభావానికి సుతరామూ లొంగని 'ఇన్వార్' (నికెల్, ఇనుము లోహాలని ఒక ప్రత్యేక నిష్పత్తిలో కలపగా వచ్చేది) లాంటి మిశ్రమలోహాలు కూడా ఉన్నాయి. ఇలాంటి పదార్థాలతో పొడవుకి మరింత కచ్చితమైన ప్రమాణాలు చెయ్యొచ్చు. ఇన్వార్‌ని కనుక్కున్న స్విట్జర్లాండ్లో పుట్టిన, ఫ్రెంచ్ శాస్త్రవేత్త చార్లెస్ ఎడ్వార్ జియోమ్‌కి, ఆ అద్భుతమైన ఆవిష్కరణకి గౌరవార్థంగా 1920లో నోబెల్ బహుమతి లభించింది.

కాని 1960లో వైజ్ఞానిక సమాజం జడపదార్థాన్ని పొడవుకి ప్రమాణంగా వాడుకోవడం మానేసింది. 'బరువుల, కొలమానాల సామాన్య సదస్సు' (general conference on weights and measures)లో ఆర్గాన్ అనే వాయువు ఉద్గారించే కాంతి తరంగాలని ప్రమాణంగా స్వీకరించారు. ఆ కాంతి తరంగం తరంగదైర్ఘ్యానికి (wavelength) 16,50,763.73 రెట్లు ఒక మీటరు అవుతుంది. మనిషి నిర్మించిన మరే ఇతర వస్తువు పొడవు కన్నా ఈ పొడవు మరింత నిశ్చలంగా, స్థిరంగా ఉంటుంది.

* * *

భూమి ఉపరితలం నున్నగా ఉందనుకుంటే, దాని వ్యాసాన్ని సముద్రమట్టం వద్ద తీసుకుంటే, ఆ ఆకృతిని జియాయిడ్ (geoid) అంటారు. అయితే వాస్తవంలో భూమి ఉపరితలం కొండలతో, మిట్టలతో, లోయలతో, అగాధాలతో హెచ్చుతగ్గులుగా ఉంటుందని మనకి తెలుసు. న్యూటన్ కాలానికి ముందు నుండి కూడా భూమి వాస్తవ రూపానికి సంపూర్ణ గోళానికి మధ్య తేడా ఎక్కడ, ఎంత మేరకు ఉందో కొలవడానికి ప్రయత్నించారు.

1581లో పదిహేడేళ్ళ కుర్రవాడిగా గెలీలియో లోలకాన్ని గురించి ఒక సత్యాన్ని గమనించాడు. లోలకం ఊగే కోణం ఎక్కువైనా, తక్కువైనా దాని ఆవర్తక కాలం (time period) మాత్రం ఎప్పుడూ దాని పొడవు మీదే ఆధారపడుతుందని గమనించాడు. పీసా నగరంలోని ఒక కాథెడ్రల్‌లో ప్రార్థన చేసుకుంటుంటే పైన చూరు నుండి వేలాడే షాండ్లియర్‌ని చూసి ఆ విషయాన్ని తెలుసుకున్నాడట గెలీలియో. ఈ కాథెడ్రల్‌లో 'గెలీలియో దీపం' అని పిలవబడే దీపం ఇంకా ఉంది. (లోలకపు ఆవర్తక కాలం మారని గుణాన్ని ఆధారంగా చేసుకుంటూ, హయ్గెన్స్, ఒక లోలకాన్ని ఒక గడియారపు మరకి సంధించి, గడియారం కచ్చితంగా, సమయం తప్పకుండా పనిచేసేలా చేశాడు. ఆ విధంగా 1656లో అతడు మొట్టమొదటి ఆధునిక గోడగడియారాన్ని తయారుచేశాడు. ఈ కొత్త గడియారంతో కాలమాపనం గతంలో పదింతలు మరింత నిర్దుష్టం అయ్యింది.)

అయితే లోలకం ఆవర్తక కాలం దాని పొడవు మీదే కాక, గురుత్వం మీద కూడా ఆధారపడుతుంది. సముద్ర మట్టం వద్ద, 39.1 అంగుళాలు ఉన్న లోలకం సెకనుకు ఒక డోలనాన్ని పూర్తిచేస్తుందన్న విషయాన్ని, గెలీలియో శిష్యుడైన ఫ్రెంచ్ గణితవేత్త మారిన్ మర్సాన్ 1644లోనే లెక్కించాడు. లోలకపు ఆవర్తక కాలం గురుత్వం మీద ఆధారపడుతుంది అన్న విషయాన్ని, భూమి ఆకారంలోని ఎగుడుదిగుడులని శోధించడానికి వాడసాగారు శాస్త్రవేత్తలు. ఉదాహరణకి సముద్రమట్టం వద్ద కచ్చితంగా 1 సెకను ఆవర్తక కాలం ఉన్న లోలకం ఒక పెద్ద పర్వత శిఖరం మీద ఒక ఆవృత్తి పూర్తిచెయ్యడానికి సెకను కన్నా కాస్త ఎక్కువ సమయం తీసుకుంటుంది. సముద్ర మట్టం కన్నా

పర్వతశిఖరం వద్ద గురుత్వం మరింత బలహీనంగా ఉంటుంది కాబట్టి లోలకం నెమ్మదిస్తుంది.

1673లో దక్షిణ అమెరికాలో ఉత్తర తీరానికి, అంటే భూమధ్య రేఖకి సన్నిహిత ప్రాంతానికి ప్రయాణించిన ఒక ఫ్రెంచ్ వైజ్ఞానిక బృందం, సముద్ర మట్టం వద్ద కూడా లోలకం నెమ్మదిస్తోందని గుర్తించింది. భూమధ్యరేఖ వద్ద భూమి ఉబ్బెత్తుగా ఉండడమే దానికి కారణం అని న్యూటన్ అర్థం చేసుకున్నాడు. ఆ ప్రాంతం భూమి కేంద్రం నుండి మరింత దూరంలో ఉండడంతో గురుత్వం తగ్గి అలా జరుగుతోందన్నమాట. ఆ విధంగా దక్షిణ అమెరికా ఉత్తర ప్రాంతాలలోని, పెరూ, లాప్లాండ్ ప్రాంతాలకి వెళ్ళిన వైజ్ఞానిక బృందాలు, న్యూటన్ సిద్ధాంతానికే మద్దతు పలికాయి. లాప్లాండ్‌కి వెళ్ళిన బృందంలో ఒక గణితవేత్త కూడా ఉన్నాడు. అతడి పేరు అలెక్సిస్ క్లాడ్ క్లైరాల్ట్. లోలకపు డోలనాల సహాయంతో భూమి ఆకారాన్ని వెలకట్టడానికి అతడు గణితపద్ధతులు రూపొందించాడు. పరిపూర్ణమైన oblate spheroid (నారింజలా ఒక అక్షంలో అణగదొక్కబడ్డ గోళం) కి, జియాయిడ్ అని పిలవబడే సముద్రమట్టం వద్ద భూమి రూపానికి మధ్య తేడా భూమి మీద ఎక్కడైనా 300 అడుగులు మించి లేదని ఆ లెక్కల్లో తేలింది. ఈ రోజుల్లో గురుత్వాకర్షణని గ్రావిమీటర్ (gravimeter)తో కూడా కొలిచేవారు. ఇందులో ఒక సున్నితమైన స్ప్రింగ్‌కి ఒక చిన్న బరువు వేలాడుతూ ఉంటుంది. గురుత్వంలో వచ్చే మార్పులు బట్టి బరువు పైకి, కిందకి ఒక స్కేలు మీద కదులుతూ ఉంటుంది. దాన్ని బట్టి గురుత్వంలోని ఆటుపోట్లని కచ్చితంగా తెలుసుకోవచ్చు.

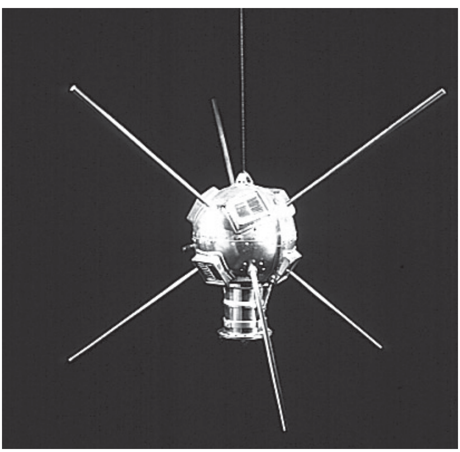
సముద్ర మట్టం వద్ద గురుత్వంలో మార్పు 0.6% దాకా ఉంటుంది. భూమధ్య రేఖ వద్ద అతి తక్కువగా ఉంటుంది. దైనిక జీవనంలో ఈ తేడా పెద్దగా తెలియదు. కాని క్రీడా ఫలితాలలో దాని ప్రభావం కనిపించవచ్చు. ఒలింపిక్ క్రీడా ఫలితాలు, ఆ ఆటలు ఏ అక్షాంశరేఖ (latitude), ఏ ఎత్తు వద్ద జరుగుతున్నాయి అన్న విషయం మీద ఆధారపడతాయి.

జియాయిడ్ ఆకారం కచ్చితంగా తెలిస్తే గాని భూగోళం పటాలను కచ్చితంగా నిర్మించలేం. గత శతాబ్దపు మధ్య కాలం వరకు కూడా భూమి

మీద భూభాగంలో 7 శాతానికి మాత్రమే కచ్చితంగా పటం తయారుచేశారని చెప్పుకోవాలి. ఉదాహరణకి 1950లలో కూడా న్యూయార్క్‌కి, లండన్‌కి మధ్య దూరంలో మాపన దోషం (measurement error) ఒక మైలు వరకు ఉండొచ్చు. ఇక పసిఫిక్ మహాసముద్రంలో ఉండే కొన్ని ద్వీపాల దూరాల అంచనాల్లో ఎన్నో మైళ్ళ దోషం ఉండేది. విమాన దారులని ప్రోగ్రామ్ చెయ్యడానికి ఇంత దోషం ఉంటే పనికి రాదు. నిజంగా కచ్చితమైన కొలతలు తెలుసుకోవడం భూమి ఉపరితలం మీద చేసే సర్వేల వల్ల సాధ్యం కాలేదు. అలాంటి కొలతలు తీసుకోడానికి అంతరిక్షంలోకి ప్రవేశించాల్సి వచ్చింది. కృత్రిమ ఉపగ్రహాల వినియోగంతో ఈ అవసరం తీరింది.

కృత్రిమ ఉపగ్రహాల యుగం

1958 మార్చ్ 17 నాడు అమెరికా మొట్టమొదటి కృత్రిమ ఉపగ్రహమైన వాన్గార్డ్ - Iని పంపింది. వాన్గార్డ్ - I భూమి చుట్టూ 2 $^1/_2$ గంటలకి ఒకసారి ప్రదక్షిణ చేసింది. దూరదర్శినితో చందమామని పరిశీలించడం మొదలుపెట్టిన కాలం నుండి చందమామ భూమి చుట్టూ చేసిన ప్రదక్షిణల సంఖ్య కన్నా, పంపబడ్డ రెండేళ్ళలోనే వాన్గార్డ్ - I మరిన్ని ప్రదక్షిణలు చేసింది. ఏకకాలంలో భూమి మీద వివిధ స్థానాల నుండి వాన్గార్డ్ - I స్థానాన్ని పరిశీలిస్తే, భూమి మీద ఆయా స్థానాల మధ్య దూరాలు కచ్చితంగా తెలుస్తాయి. ఆ విధంగా అంతవరకు మైళ్ళ దోషంలో మాత్రమే తెలిసిన దూరాలని, 1959లో కొన్ని వందల గజాల దోషంతో కొలవడానికి వీలయ్యింది.


వాన్గార్డ్ - I ఉపగ్రహం

తరవాత 1960లలో, ఏప్రిల్ 13 నాడు అమెరికా Traneit - LB అనే ఉపగ్రహాన్ని పంపింది. భూమి మీద స్థానాల దూరాలని

కచ్చితంగా కొలవడమే దీని పని. ఇలాంటి కొలతలు వాయుయాన, సముద్రయానాలకి ఎంతో ఉపయోగపడ్డాయి.

చంద్రుడిలాగానే వాన్గార్డ్ - I కూడా భూమి చుట్టూ దీర్ఘవృత్తాకార (eliptical) కక్ష్యలో, భూమధ్యరేఖాతలంలో (భూమధ్యరేఖ ఉన్న తలం, equitorial plane) కాకుండా అందుకు భిన్నమైన తలంలో తిరిగేది. చంద్రుడి విషయంలో కూడా భూమధ్యరేఖ వద్ద ఉండే ఉబ్బెత్తు (equitorial bulge) ఆకర్షణ వల్ల ఉపగ్రహం పెరీజీ (perigee, కక్ష్యలో భూమికి అత్యంత సన్నిహితంగా వచ్చే స్థానం)లో కొంచెం మార్పు వస్తుంది. చంద్రుడి కన్నా వాన్గార్డ్ - I భూమికి మరింత దగ్గరిగా ఉంది కాబట్టి భూమధ్యరేఖ వద్ద ఉబ్బెత్తు ప్రభావం మరింత ఎక్కువగా ఉంటుంది. భూమి చుట్టూ ఉపగ్రహం మళ్ళీ మళ్ళీ ప్రదక్షిణ చేసినప్పుడు, ఆ కక్ష్యలో వచ్చే తేడాలని బట్టి, భూమధ్యరేఖ వద్ద ఉబ్బెత్తు ప్రభావాన్ని మరింత బాగా అర్థం చేసుకోవచ్చు. వాన్గార్డ్ - I పెరీజీ ఉత్తర గోళార్థంలోను, దక్షిణ గోళార్థంలోను ఒక్కలా లేదని 1959 నాటికే అర్థమయ్యింది. అంటే భూమధ్యరేఖకి ఇరుపక్కల ఉండే ఉబ్బెత్తు, ఆ రెండు పక్కలా ఒక్కలా, సౌష్ఠవంగా లేదన్నమాట. భూమధ్యరేఖకి దక్షిణం వైపున, ఉత్తరం వైపున కన్నా ఉబ్బెత్తు 25 అడుగులు ఎక్కువగా ఉందని తెలిసింది. మరింత లోతైన అంచనాలతో భూమి కేంద్రానికి (సముద్ర మట్టం బట్టి చూస్తే) ఉత్తరధృవం కన్నా దక్షిణ ధృవం 50 అడుగులు మరింత దగ్గరిగా ఉందని తేలింది.

వాన్గార్డ్- I తరవాత, 1959లో ఏప్రిల్ 17 నాడు వాన్గార్డ్ - II పంపబడింది. ఈ రెండు ఉపగ్రహాల నుండి వచ్చిన సమాచారాన్ని బట్టి సముద్ర మట్టం వద్ద భూమధ్యరేఖ సంపూర్ణ వృత్తాకారంలో లేదని తెలిసింది. కొన్ని చోట్ల భూమధ్యరేఖ వ్యాసం మరి కొన్ని చోట్ల కన్నా 1400 అడుగులు (ఇంచుమించు పావు మైలు) తక్కువగా ఉందని తెలిసింది. భూమి నారింజలా ఉంటుందని, భూమధ్యరేఖ వద్ద పరిచ్ఛేదం (cross-section) కోడిగుడ్డు ఆకారంలో ఉంటుందని ప్రసారమాధ్యమాలు, పత్రికలు రకరకాలుగా వర్ణిస్తుంటాయి. కాని పరిపూర్ణగోళానికి, భూగోళానికి మధ్య ఉండే తేడా అత్యంత నిశితమైన

కొలతలలో గాని తెలియదు. అంతరిక్షం నుండి చూసినప్పుడు భూమి కోడిగుడ్డు ఆకారంలోనో, నారింజ ఆకారంలోనో కనిపించదు. చూడడానికి సంపూర్ణగోళం లాగానే కనిపిస్తుంది. కాని జియాయిడ్‌ని సూక్ష్మంగా విశ్లేషిస్తే కొన్ని చోట్ల చదునుగాను, మరి కొన్నిచోట్ల ఉబ్బెత్తుగాను, ఎగుడుదిగుడుగా, కొంచెం తమాషాగా చెప్పుకోవాలంటే, ఒక 'చలివిడి ముద్ద'లా ఉంటుందని చెప్పుకోవాలే తప్ప మరోలా చెప్పడానికి సాధ్యం కాదు.

భూమి ఆకృతి గురించి కచ్చితమైన జ్ఞానం ఉంటే దాన్ని ఆధారంగా చేసుకుని భూమి ఆయతనాన్ని (volume, ఘనపరిమాణం) కొలవడానికి వీలవుతుంది. కాని భూమి ద్రవ్యరాశిని అంచనా వెయ్యడం మరి కొంచెం కష్టమైన పని. ద్రవ్యరాశిని కొలవాలంటే న్యూటన్ గురుత్వాకర్షణ సూత్రాన్ని ఉపయోగించుకోవాలి. న్యూటన్ గురుత్వాకర్షణ సిద్ధాంతం ప్రకారం విశ్వంలో ఏ రెండు వస్తువుల మధ్య గురుత్వ బలాన్నయినా ఈ కింది సూత్రంతో వర్ణించవచ్చు.

$$F = G \frac{m_1 m_2}{d^2} \qquad (1)$$

ఇక్కడ m_1, m_2 లు రెండు వస్తువుల మధ్య ద్రవ్యరాశులు, d వాటి కేంద్రాల మధ్య దూరం, Gని గురుత్వ స్థిరాంకం అంటారు.

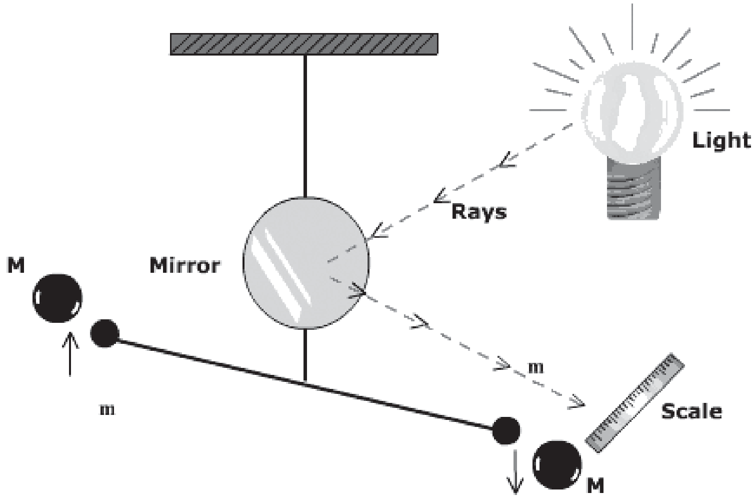
అయితే ఆ స్థిరాంకం విలువ ఏమిటో న్యూటన్ చెప్పలేకపోయాడు. పై సూత్రంలోని ఇతర విలువలు తెలిస్తే వాటి సహాయంతో G విలువని ఇలా వ్యక్తం చెయ్యొచ్చు –

$$G = \frac{Fd^2}{m_1 m_2}$$

కాబట్టి G విలువ తెలియాలంటే తెలిసిన ద్రవ్యరాశుల మధ్య దూరం తెలుసుకుని, వాటి మధ్య ఆకర్షణ బలాన్ని తెలుసుకోవాలి. కాని చిక్కేమిటంటే

మనకి తెలిసిన బలాలలో కెల్లా గురుత్వ బలం అత్యంత బలహీనమైనది. కాబట్టి మామూలుగా మనం దైనిక జీవనంలో చూసే వస్తువుల మధ్య గురుత్వ బలం ఎంతో బలహీనంగా ఉండి దాన్ని కొలవడం ఇంచుమించు అసంభవం అనే చెప్పాలి.

అయినా ఆ కొలిచే కార్యక్రమాన్ని 1798లో ఇంగ్లీష్ భౌతిక శాస్త్రవేత్త హెన్రీ కావెండిష్ ఒక సవాలుగా తీసుకున్నాడు. ఈ అసమాన ప్రతిభాశాలి జీవితాంతం ఒక అసాంఘిక జీవిలా ఇంచుమించు ఒంటరివాడిలాగానే బతికాడు. కాని వైజ్ఞానిక చరిత్రలోనే కొన్ని అత్యంత కఠినమైన ప్రయోగాలు చేపట్టి కొన్ని అత్యంత నిశితమైన కొలతలు సాధించగలిగాడు. గురుత్వాన్ని కొలవడానికి ఆయన రూపొందించిన ప్రయోగం ఇలా ఉంటుంది. ద్రవ్యరాశి తెలిసిన రెండు బంతులను ఒక పొడవాటి కడ్డీకి రెండు కొసలకి తగిలిస్తారు. అలా తయారైన డంబెల్ ఆకారపు సాధనాన్ని ఒక సన్నని దారానికి వేలాడనిస్తారు. ఇప్పుడు ద్రవ్యరాశి తెలిసిన మరో రెండు మరింత పెద్ద బంతులని అంతకు ముందు ఏర్పాటు చేసిన బంతులకి దగ్గరగా అమరుస్తారు. ఇప్పుడు పెద్ద చిన్న బంతుల జంటలు రెండు ఏర్పాటయ్యాయి. ఇప్పుడు స్థిరంగా ఉన్న పెద్ద బంతుల గురుత్వాకర్షణ వల్ల వాటి దగ్గర్లోనే ఉన్న చిన్న బంతులు కొద్దిగా పెద్ద బంతులకి దగ్గరిగా జరుగుతాయి. చిన్న బంతులు అమర్చి ఉన్న డంబెల్ తిరగడం వల్ల అది వేలాడుతున్న దారం కాస్త మెలికపడుతుంది. దారంలో ఆ మాత్రం మెలికపడడానికి ఎంత బలం కావాలో కావెండిష్ లెక్క వేశాడు. ఆ విలువనే ఉపయోగించి పై సూత్రంలో F విలువని తెలుసుకున్నాడు. ఇది గాక m_1, m_2 ల విలువలు, వాటి మధ్య దూరపు విలువ (d) కూడా తెలుసు. వాటి సహాయంతో G విలువ అంచనా వేశాడు. G విలువ తెలిశాక భూమి ద్రవ్యరాశిని తెలుసుకోడానికి వీలయ్యింది. (భూమి మీద ఉన్న ఏ వస్తువు మీద అయినా భూమి గురుత్వాకర్షణ బలాన్ని సులభంగా తెలుసుకోవచ్చు. అది గాక ఆ వస్తువు ద్రవ్యరాశి (m_2), భూమికి ఆ వస్తువుకి మధ్య దూరం (d = భూమి వ్యాసార్థం), తెలిస్తే సూత్రం (1)లో ఇక మిగిలింది భూమి ద్రవ్యరాశి (m_1) ఒక్కటే. ఆ విధంగా కావెండిష్ మొట్టమొదటిసారిగా భూమిని 'తూచ' గలిగాడు.



గురుత్వ స్థిరాంకాన్ని కనుక్కోవడానికి కావెండిష్ ప్రయోగం

కావెండిష్ తదనంతరం మరింత నిశితమైన కొలతలు తీసుకోవడానికి వీలయ్యింది. 1928లో United States Bureau of standards సంస్థ G విలువ 0.0000006673 cm^2/gm గా నిర్ధారించింది. యూనిట్లు ఏమైనా ఈ స్థిరాంకం చాలా చిన్నదని మాత్రం స్పష్టంగా అర్థమవుతుంది. అందుకే గురుత్వం అంత బలహీనంగా ఉంటుంది. పౌను బరువు ఉన్న రెండు వస్తువులని ఒక అడుగు దూరంలో పెడితే వాటి మధ్య గురుత్వ బలం విలువ ఒక పౌను బరువులో 1/ 2,000,000,000 వంతుతో సమానం. గురుత్వ స్థిరాంకం అంత తక్కువగా ఉన్నా, భూమి కేంద్రం నుండి 4000 మైళ్ళ దూరంలో ఉన్నా, పౌను బరువుని అంత బలంతో భూమి లాగుతోంది అంటే భూమి ద్రవ్యరాశి ఎంత ఎక్కువో ఊహించవచ్చు. భూమి ద్రవ్యరాశి విలువ –

6,595,000,000,000,000,000,000 టన్నులు లేదా

5,983,000,000,000,000,000,000,000 Kgs.

భూమి ద్రవ్యరాశిని బట్టి, ఆయతనాన్ని (volume) బట్టి దాని సాంద్రతని లెక్కపెట్టవచ్చు. మెట్రిక్ యూనిట్లలో భూమి సాంద్రత 5.522 gm/cc అవుతుంది

(అంటే నీటి సాంద్రతకి 5.522 రెట్లు అన్నమాట). మరి భూమి పైపొరల్లో ఉండే రాళ్ళ సాంద్రత సగటున 2.8 gm/cc అని తేలుతోంది. కాబట్టి భూగర్భంలో ఉండే పదార్థం సాంద్రత చాలా ఎక్కువై ఉండాలి. మరి పదార్థం సాంద్రత ఉపరితలం నుండి కేంద్రానికి సమంగా పెరుగుతోందా? భూగర్భంలో పదార్థపు సాంద్రత సమంగా పెరగదని, అది పొరలు పొరలుగా ఏర్పడి ఉంటుందని భూకంపాల వల్ల మొట్టమొదట తెలిసింది.

భూకంపాలు

భూగర్భంలో స్తరాలు (పొరలు)

1755లో నవంబర్ 1 న, బహుశ ఆధునిక చరిత్రలో అతిపెద్ద భూకంపం పోర్చుగల్ దేశపు రాజధాని లిస్బన్ నగరం మీద దెబ్బ కొట్టింది. నగరంలోని దిగువ భాగంలో ఉన్న ప్రతి ఇల్లూ నేలమట్టం అయ్యింది. ఆ తరవాత ఒక పెద్ద ఉప్పెన సముద్రంలోనుంచి పుట్టుకొచ్చి తీరం మీద అమాంతం విరుచుకుపడింది. ఆ విధ్వంసంలో 60,000 మంది చనిపోయారు. ఊరు స్మశానంలా మారింది.



1755లో వచ్చిన లిస్బన్ భూకంపంలో జరిగిన విధ్వంసం (ఊహాచిత్రం)

ఆ పెనుకంపన 1.5 మిలియన్ చదరపు మైళ్ళ భూభాగంలో అనుభవం అయ్యింది. పోర్చుగల్‌లోనే కాక మధ్యధరా సముద్రానికి ఆవలనున్న మొరొక్కోలో కూడా కంపన తెలిసింది.

లిస్బన్ ఉపద్రవం ఆ కాలపు మేధావి వర్గాన్ని బాగా ప్రభావితం చేసింది.

భూమిని గెలీలియో, న్యూటన్ మొదలైన వాళ్ళు తీర్చిదిద్దిన ఈ కొత్త విజ్ఞానం స్వర్గంగా మార్చగలదన్న ఆశాభావంతో మేధావులంతా ఉన్నారు. అలాంటి నేపథ్యంలో ఇంత పెద్ద ఉపద్రవం సంభవించడం చూసి అంతా దిగ్భ్రాంతి చెందారు. మానవాతీత ప్రకృతి శక్తుల చేతుల్లో మనం మరబొమ్మలం అన్న విచారకరమైన వాస్తవం అందరికీ అర్థం కాసాగింది. ఆ రోజుల్లో యూరప్‌కి చెందిన గొప్ప సాహితీకారుడైన ఓల్టెయిర్ ఈ సంఘటనకి కదిలిపోయి 'కాండీడ్' అనే వ్యంగ్య రచన చేశాడు. ఇందులో ముఖ్యపాత్ర కాండీడ్ అనే పేరు ఉన్న ఒక భోళా కుర్రవాడు. అతడికి జీవితమంతా ఏవో అవాంతరాలు ఎదురు అవుతూనే ఉంటాయి. కాని తన గురువు 'పాంగ్లాస్' మాత్రం 'అంతా మన మంచికే'నని సుభాషితాలు వల్లిస్తుంటే, కుర్రాడికి చిర్రెత్తుకు వస్తుంటుంది. ఇదీ వృత్తాంతం.

విశ్వంలో మనిషికి ఎదురులేదని ఒక పక్క వ్యంగ్యంగా పొగడుతూ, ప్రకృతి శక్తుల లీలావిలాసంలో మనిషి ఎలా నిస్సహాయంగా జీవిస్తున్నాడో గుర్తింపచేస్తుంది ఆ రచన.

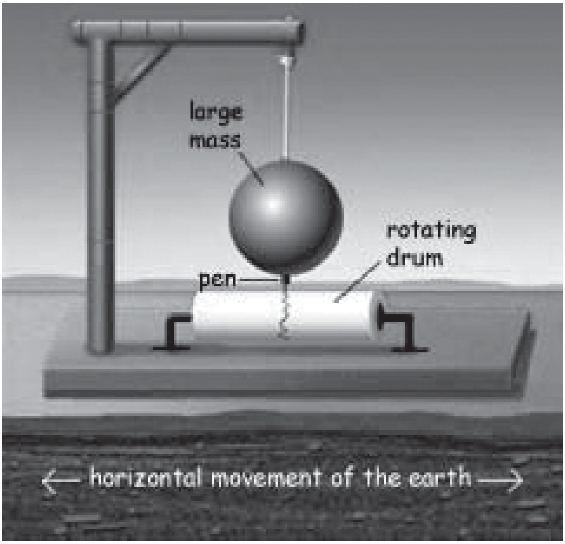
సామాన్యంగా భూకంపం వచ్చినప్పుడు నేల ఉన్న భాగంలో భూమి కంపిస్తుంది అనుకుంటాం. కాని సముద్రం అట్టడుగున ఉన్న నేల కూడా కంపిస్తుంది. ఆ కంపన పర్యవసానాలు మరింత విధ్వంసాత్మకంగా ఉంటాయి. ఆ కంపన వల్ల సముద్రం లోతుల్లోంచి నెమ్మదిగా ఎత్తయిన కెరటాలు ఉద్భవిస్తాయి. ఆ కెరటాలు నెమ్మదిగా సముద్ర గర్భంలో ప్రసారం అవుతూ తీరప్రాంతాన్ని సమీపించే సరికి ఉవ్వెత్తున కొండలా పైకి లేస్తాయి. ఈ నీటి కొండలు కొన్ని సార్లు కొన్ని వందల అడుగుల ఎత్తుకి కూడా లేస్తుంటాయి. ఏ హెచ్చరికా లేకుండా అమాంతం తీరం మీద విరుచుకు పడే ఈ రాకాసి కెరటాలలో వేలాది జనం చిక్కుకుని ప్రాణాలు కోల్పోవచ్చు. భూకంపం వల్ల పుట్టుకొచ్చే తరంగాలని మామూలుగా tidal waves అంటారు. కాని నిజానికి ఆ పేరు సరికాదు. ఇవి తుఫాను సమయంలో సముద్రంలో పుట్టే పెద్ద పెద్ద కెరటాలను పోలి ఉండొచ్చు. కాని ఈ రెండు రకాల కెరటాల కారణాలు వేరు. ఈ భూకంపపు కెరటాలని సునామీ అనే జపనీస్ పేరుతో పిలుస్తుంటారు. ఇలాంటి కెరటాలు జపనీస్ తీరంలో తరచు కనిపిస్తుంటాయి. అందుకే ఈ

జపనీస్ పేరే సార్థకం అయ్యింది. లిస్బన్ ఉపద్రవంలో జరిగిన జన నష్టంలో సునామీ హస్తం కూడా ఉంది.

లిస్బన్‌లో జరిగిన విధ్వంసంతో దిగ్భ్రాంతి చెందిన శాస్త్రవేత్తలు ఈ భూకంపాల గురించి లోతుగా ఆలోచించడం మొదలుపెట్టారు. ఈ విషయంలో అరిస్టాటిల్ చెప్పిన ఏవో తప్పుడు బోధనలు తప్ప ప్రాచీన గ్రీకులకి ఏమీ తెలియదు. భూగర్భంలో అధిక పీడనం వద్ద చిక్కుకుపోయిన వాయువులు అప్పుడప్పుడు పైకి తన్నుకు రావడం వల్ల భూకంపాలు పుడతాయని అరిస్టాటిల్ భావన. కాని భూగర్భంలో ఉండే విపరీతమైన తాపం వల్ల కఠిన శిలలో కలిగే ఒత్తిళ్ళే భూకంపాలకి కారణం అని ఆధునికులు భావిస్తారు.

1760లో ఇంగ్లీష్ శాస్త్రవేత్త జాన్ మిచెల్ ఒక చక్కని సూచన చేశాడు. భూగర్భంలో మైళ్ళ లోతుల్లో శిలారాశులు సర్దుకోవడం వల్ల భూకంపాలు పుడతాయి అన్నాడు. మరి భూకంపాలని నిశితంగా శోధించాలంటే ఈ తరంగాలని కొలిచే పరికరాలని తయారు చెయ్యాలి. కాని అలాంటి పరికరం లిస్బన్ భూకంపం తరవాత నూరేళ్ళకి కాని నిర్మాణం కాలేదు. 1855లో ఇటాలియన్ భౌతిక శాస్త్రవేత్త లూయిగీ పామియరీ మొట్టమొదటి సెయిస్మోగ్రాఫ్ (Seismograph) ని రూపొందించాడు (స్మెయిస్మోగ్రాఫ్ అంటే గ్రీకులో భూకంప లేఖిని అని అర్థం).

సెయిస్మోగ్రాఫ్ పని చేసే మూల సూత్రాన్ని అర్థం చేసుకోవడం పెద్ద కష్టం కాదు. ఇందులో ఒక భారమైన దిమ్మని ఒక స్ప్రింగుకి వేలాడదీస్తారు. ఈ స్ప్రింగు – దిమ్మలని మోస్తున్న స్తంభం ఒక బలమైన పునాదిలో దిగబడి ఉంటుంది. భూమి కంపించినప్పుడు బరువైన దిమ్మ, జడత్వం వల్ల, పెద్దగా కదలకుండా ఉండిపోతుంది. కాని పునాది కదలడం వల్ల అందులోని స్తంభం, దాంతో పాటు దానికి తగిలించిన స్ప్రింగు కదులుతాయి. ఈ కదలిక నెమ్మదిగా తిరిగే ఒక డ్రమ్ము మీద కదిలే పెన్నుతో ఒక రేఖా చిత్ర రూపంలో గీయబడుతుంది. అసలైతే రెండు భారమైన దిమ్మలు ఉంటాయి. ఒకటి ఉత్తర–దక్షిణ దిశలో కదిలే తరంగాలని రికార్డు చేస్తే, రెండవది తూర్పు–పడమర దిశలో కదిలే తరంగాలని రికార్డు చేస్తుంది. మరింత సున్నితమైన ఆధునిక



సెయిస్మోగ్రాఫ్ పనితీరు

సెయిస్మోగ్రాఫ్‌లలో పెన్నుకి బదులుగా కాంతి రేఖని వాడతారు. పెన్నుకి కాగితానికి మధ్య ఉండే రాపిడి ఇక్కడ ఉండదు. కాబట్టి ఈ పరికరం మరింత సున్నితంగా పని చేస్తుంది. మరింత నిశితమైన ఫలితాలనిస్తుంది.

1890లలో జాన్ మిల్నే అనే ఇంగ్లీష్ ఇంజినీరు తన సొంత సెయిస్మోగ్రాఫ్‌లని వాడుకుంటూ, భూగోళం నిలువెల్లా ప్రసారమయ్యే తరంగాలే భూకంపాలు అన్న మిచెల్ వర్ణన నిజమేనని నిరూపించాడు. భూకంపాలని పరిశోధించడానికి ప్రపంచంలో ఎన్నో చోట్ల, ముఖ్యంగా జపాన్‌లో, ఎన్నో కేంద్రాలని స్థాపించడంలో మిల్నే కీలకపాత్ర వహించాడు. 1900 నాటికి ప్రపంచం మొత్తం మీద 13 సెయిస్మోగ్రాఫ్ కేంద్రాలు నెలకొన్నాయి. శతాబ్దం అంతానికి ఆ సంఖ్య కొన్ని వందలకి పెరిగింది.

భూమి మీద ఏటేటా, చిన్నా పెద్దా ఒక మిలియన్ (పది లక్షల) భూకంపాలు రావచ్చు. వీటిలో కనీసం పది మహా విధ్వంసాత్మకమైన రాకాసి భూకంపాలు ఉంటాయి. చెప్పుకోదగ్గ తీవ్రతగల భూకంపాలు కొన్ని వందలు ఉంటాయి. ఈ భూకంపాలలో ఏటా సగటున 15,000 మంది చనిపోతూ

ఉంటారు. చరిత్రలో అతి భీకరమైన భూకంపం చైనాలో 1956లో సంభవించింది. అందులో మృతుల సంఖ్య 8,30,000. గత శతాబ్దంలో 1923లో టోక్యో నగరంలో వచ్చిన పెను భూకంపంలో 1,43,000 మంది ప్రాణాలు కోల్పోయారు. నగరం ఇంచుమించు నేలమట్టం అయ్యింది.

పెద్ద పెద్ద భూకంపాలలో వెలువడే శక్తి ఒక లక్ష పరమాణు బాంబుల శక్తితో సమానం. లేదా ఒక వంద పెద్ద హైడ్రోజన్ బాంబులతో సమానం. అయితే సామాన్యంగా వాటి శక్తి చాలా విశాలమైన భూభాగం మీద విస్తరిస్తుంది కాబట్టి పరమాణు బాంబుల కన్నా విధ్వంసం తక్కువగా ఉంటుంది. అలాంటి భూకంపం వచ్చినప్పుడు భూమి ఒక పెద్ద వాయిద్యం లాగా మోగిపోతూ ఉంటుంది. 1960లో చిలీ దేశంలో వచ్చిన భూకంపంలో భూమి ఇంచుమించు గంటకి ఒకసారి కంపించింది.

భూకంప తీవ్రతని 0 నుండి 9 వరకు విస్తరించిన సంఖ్యాత్మక కొలమానంతో కొలుస్తారు. ఆ కొలమానం విలువ 1 పెరిగితే తీవ్రత విలువ పది రెట్లు పెరిగినట్టు. 9 కన్నా హెచ్చు తీవ్రత గల భూకంపం ఇంత వరకు నమోదు కాలేదు. కాని 1964లో గుడ్ ఫ్రైడే నాడు అలాస్కాలో 8.5 విలువ గల భూకంపం నమోదు అయ్యింది. ఈ కొలమానాన్నే రిక్టర్ స్కేల్ అంటారు. 1935లో అమెరికన్ సెయిస్మాలజిస్ట్ (భూకంప శాస్త్రవేత్త) చార్లెస్ ఫ్రాన్సిస్ రిక్టర్ ఈ కొలమానాన్ని ప్రవేశపెట్టాడు.

భూకంపాల్లో వెలువడ్డ శక్తిలో 80% పసిఫిక్ సముద్రానికి చుట్టుపక్కల ప్రాంతాల్లో వెలువడుతుంది. మరో 15% మధ్యధరా సముద్రం మీదగా తూర్పు-పడమరల అక్షం వెంట విస్తరించిన ప్రాంతంలో వెలువడుతుంది. భూకంపాలు ఎక్కువగా వచ్చే ఈ ప్రాంతాల్లో అగ్ని పర్వతాల సంఖ్య ప్రత్యేకంగా ఎక్కువగా ఉంటుంది. దాన్ని బట్టి భూగర్భంలోని ఉష్ణానికి, భూకంపాలకి మధ్య సంబంధం ఉందని తెలుస్తోంది.

అగ్ని పర్వతాలు

భూకంపాలలాగానే అగ్ని పర్వతాలు కూడా భయంకరమైన ప్రకృతి సహజమైన పరిణామాలు. భూకంపాల కన్నా మరింత ఎక్కువ కాలం జరిగే

పరిణామాలు. కాని భూకంపాలతో పోలిస్తే వీటి ప్రభావం మరింత చిన్న ప్రాంతానికే పరిమితమై ఉంటుంది. ప్రాచీన చరిత్రలో 500కి పైగా అగ్ని పర్వతాల ప్రస్తావన మనకు కనిపిస్తుంది.

కొన్ని సార్లు, కొంచెం అరుదుగానే జరిగినా, అగ్ని పర్వతాలలో పెద్ద మొత్తంలో నీరు చేరినప్పుడు, లోపలి వేడికి నీరు విపరీతంగా వేడెక్కినప్పుడు, బ్రహ్మాండమైన ఉపద్రవాలు సంభవించే అవకాశం ఉంది. ఇండోనేసియాలో జావా, సుమత్రా దీవుల నడుమ క్రకటోవా అనే ఒక చిన్న ద్వీపం ఉంది. ఆ ద్వీపమే ఒక పెద్ద అగ్ని పర్వతం. 1883లో ఆగస్టు 26-27 తేదీలలో ఆ పర్వతం బద్దలయ్యింది. ఆ పేలుడులో పుట్టిన ప్రళయ భీకర నినాదం మానవ చరిత్రలోనే అతి పెద్ద శబ్దం. 3000 మైళ్ళ దూరంలో కూడా ఆ శబ్దం మనుషులకి వినిపించింది. భూగోళం మీద అన్ని పక్కలా ఆ పేలుడు వల్ల పుట్టిన శబ్దాన్ని పరికరాలు నమోదు చేసుకున్నాయి. ఆ శబ్ద తరంగాలు పలుమార్లు భూగోళం అంతా చుట్టి వచ్చాయి. ఆ భూకంపంలో 5 ఘనపుమైళ్ళ పరిమాణం గల బండరాయి బద్దలై ఆకాశంలోకి ఎగజిమ్మబడింది. 300,000 చదరపు మైళ్ళ విస్తీర్ణత గల ప్రాంతం అంతా బూడిద వ్యాపించింది. ఆకాశమంతా వందల చదరపు మైళ్ళ వరకు బూడిద అలముకుంది. బూడిద రేణువులు వాతావరణంలో స్ట్రాటోస్ఫియర్ వరకు వ్యాపించి కొన్నేళ్ళ వరకు సాయంకాలపు సంజెకాంతి మరింత ఎర్రబారినట్టు కనిపించింది. వందల అడుగుల ఎత్తు గల సునామీలు జావా, సుమత్రా తీరాల మీద విరుచుకు పడి 36,000 మందిని పొట్టన



క్రకటోవాలో అగ్నిపర్వత విస్ఫోటం

పెట్టుకున్నాయి. వాటి వల్ల పుట్టిన తరంగాలు ప్రపంచం అంతటా కనిపించాయి.

ఇంచుమించు ఇలాంటి సంఘటనే మధ్యధరా సముద్రంలో 3000 ఏళ్ళ క్రితం జరిగినట్టు కనిపిస్తోంది. 1967లో కొందరు అమెరికన్ పురావస్తు పరిశోధకులు, క్రీట్ (Crete) ద్వీపానికి ఉత్తరాన 80 మైళ్ళ దూరంలో ఉన్న తీరా అనే దీవిలో బూడిద కమ్మిన ఒక పురాతన నగరపు శిధిలాలు కనుక్కున్నారు. రమారమి క్రీ.పూ. 1400లో ఈ దీవి కూడా క్రకటోవా లాగానే బద్దలైనట్టు కనిపిస్తోంది. అప్పుడు పుట్టిన సునామీ దాపుననే ఉన్న క్రీట్ ద్వీపాన్ని ఢీకొంది. అనాదిగా గొప్ప నాగరికతతో అలరారుతున్న క్రీట్ ఆ దెబ్బకి తట్టుకోలేక పోయింది. ఆ పరిసర సముద్రాల మీద క్రీట్ అంతవరకు చలాయించిన ఆధిపత్యం సన్నగిల్లింది. గొప్ప నాగరిక శోభతో వెలిగిన దీవిలో దట్టమైన చీకట్లు అలముకున్నాయి. ఆ విధంగా సంక్షోభంగా జరిగిన తీరా ద్వీపపు వినాశనం ఆ విధ్వంసంలో బతికి బట్టకట్టిన వారి మనసుల్లో గాఢంగా ముద్ర పడిపోయింది. తీరా విధ్వంసం గురించి కథలుగా, గాథలుగా తరతరాలుగా చెప్పుకున్నారు. తీరా ఉపద్రవం జరిగిన పదకొండు శతాబ్దాల తరవాత ప్లేటో తాత్వికుడు తన రచనలలో వర్ణించిన అట్లాంటిస్ గాధకి కూడా ఈ సంఘటనే మూలం కావచ్చు.

చరిత్ర పుటల్లో చిరస్థాయిగా నిలిచిపోయిన అగ్నిపర్వత విస్ఫోటం మరొకటి ఉంది. ఇది క్రకటోవా కన్నా, తీరా కన్నా చిన్న విస్ఫోటమే. క్రీ.శ. 29లో ఇటలీలోని వెసూవియస్ అగ్ని పర్వతం బద్దలయ్యింది. (అప్పటికే అదొక మృత పర్వతం అని చెప్పుకునేవారు.) ఆ విస్ఫోటం వల్ల రోమ్‌కి చెందిన విహారపట్టణాలైన పోంపేయి, హెర్క్యులేనియంలు భూస్థాపితం అయిపోయాయి. ఆ ఉపద్రవంలో చిక్కుకుని పేరుమోసిన లాటిన్ పండితుడు గాయస్ ప్లీనియస్ సెకండస్ (ప్లీనీ అంటారు) ప్రాణాలు విడిచాడు. ఆ దుర్ఘటనని కళ్ళారా చూసిన ప్లీనీ మేనల్లుడు దాన్ని సవివరంగా వర్ణించాడు.

1763 తరవాత భూస్థాపిత నగరాల కోసం తవ్వకాలు పెద్ద ఎత్తున మొదలయ్యాయి. అలాంటి తవ్వకాలలో ఉన్న పళంగా నేలలో పూడుకుపోయిన ప్రాచీన, సుసంపన్న నగరాల శిధిలాలని కనుక్కునే అవకాశం దొరికింది.



వెసూవియస్ విస్ఫోటంలో నాశనం అవుతున్న పొంపేయి నగరం (ఊహాచిత్రం)

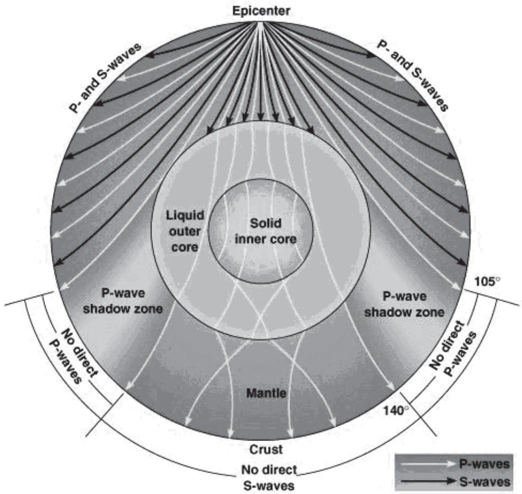
ఒక కొత్త అగ్నిపర్వతం పుట్టే తీరుని గమనిస్తే భూగర్భ పొరల నుంచి విలువైన సమాచారం తెలుస్తుంది. మామూలుగా దీర్ఘకాలం పట్టే ఈ ప్రక్రియ కొన్నిసార్లు నమ్మలేనంత వేగంతో జరగగలదు. మెక్సికోలో 1943లో ఫిబ్రవరి 20న అలాంటి సంఘటన ఒకటి కనిపించింది. మెక్సికో రాజధాని అయిన మెక్సికో నగరానికి 200 మైళ్ళ పశ్చిమంగా, పరికుటిన్ అనే పల్లెలో ప్రశాంతంగా కనిపించే ఒక జొన్న చేనులో అగ్నిపర్వతం పుట్టుకు రావడం కనిపించింది. ఎనిమిది నెలల్లో అదొక 1500 అడుగుల బూడిద గుట్టగా అంతెత్తున వెలసింది. ఆ పల్లె ప్రజలకి తమ ఊరిని ఖాళీ చెయ్యక తప్పలేదు. భూగర్భంలోని పదార్థం పైకి తన్నుకొచ్చి ఉపరితలాన్ని ఎలా మలచుతుందో ఈ సంఘటన వల్ల స్పష్టంగా తెలుస్తోంది.

భూమి పైపొర (crust)ని మలచడంలో అగ్నిపర్వతాల పాత్ర గురించి మొట్టమొదట పరిశోధించిన వాడు ఫ్రెంచ్ భౌగోళిక శాస్త్రవేత్త జాన్ ఎతియెన్ గెతార్. పద్దెనిమిదవ శతాబ్దపు నడిమి భాగంలో ఇతడు ఈ పరిశోధనలు చేశాడు. పద్దెనిమిదవ శతాబ్దపు చివరి దశలో అబ్రహామ్ గోట్లోబ్ వెర్నెర్ అనే జర్మన్ భౌగోళిక శాస్త్రవేత్త చాలా మటుకు శిలలు అవక్షేపక శిలలేనని (sedi-

mentary rocks) ఒక తప్పుడు భావనని అతిగా ప్రచారం చేశాడు. ఒకప్పుడు ప్రపంచం అంతా విస్తరించిన ఒక మహాసముద్రం నుండి అవి పుట్టాయని అతడు బోధించేవాడు. ఈ సిద్ధాంతాన్ని నెప్ట్యూనిజమ్ (Neptunism) అంటారు. తదనంతరం హటన్ తదితరులు సాధించిన సాక్ష్యాధారాల బట్టి ఈ సిద్ధాంతాన్ని సవరించవలసి వచ్చింది. అధికశాతం శిలలు అగ్నిపర్వతాల చర్యల వల్ల పుట్టినవేనన్న సరైన భావన నెమ్మదిగా బయటపడింది. ఈ భావననే ప్లూటోనిజమ్ (Plutonism) అంటారు. ఆ విధంగా అగ్నిపర్వతాలు, భూకంపాలు రెండూ భూమిలోని అంతర్గత శక్తి అభివ్యక్త రూపాలేనని, ఆ శక్తి కూడా అధికశాతం భూమిలోని అణుధార్మికత నుండి జనిస్తోందని తెలిసింది.

సెయిస్మోగ్రాఫ్‌లలో నమోదు అయ్యే సమాచారం సహాయంతో భూగర్భంలో భూకంప తరంగాలు ప్రసారం అయ్యే తీరు గురించి క్రమంగా తెలిసొచ్చింది. ఈ తరంగాలలో రెండు ముఖ్యమైన రకాలు ఉన్నాయి: 1) ఉపరితరంగాలు (surface waves), 2) అంతరంగ తరంగాలు (body waves). ఉపరితరంగాలు భూతలం వంపుని అనుసరించి ఉపరితలానికి సన్నిహితంగా ప్రసారం అవుతాయి. అంతరంగ తరంగాలు భూగర్భంలోకి చొచ్చుకుపోతాయి. అందుకే అవి ఉపరితరంగాల కన్నా వేగంగా, పుట్టిన చోటి నుండి భూమికి అవతలి పక్కకి ప్రయాణించగలవు. ఈ అంతరంగ తరంగాలలో మళ్ళీ రెండు రకాలు – Primary waves (P-waves, ప్రాథమిక తరంగాలు), Secondary waves (S-waves, ద్వితీయ తరంగాలు. ప్రాథమిక తరంగాలు శబ్ద తరంగాలకిమల్లె ప్రయాణిస్తాయి. అవి ప్రయాణిస్తున్న యానకంలో వరసగా సంకోచ వ్యాకోచాలు జరుగుతాయి. అలాటి తరంగాలు ఎలాంటి యానకంలోనైనా (ద్రవం కాని, ఘనం కాని) ప్రయాణించగలవు. వీటికి భిన్నంగా ద్వితీయ తరంగాల విషయంలో కంపన చలన దిశకి లంబంగా ఉంటుంది.

ప్రాథమిక తరంగాలు, ద్వితీయ తరంగాల కన్నా వేగంగా ప్రయాణించి స్మెయిస్మోగ్రాఫ్ కేంద్రాన్ని ముందు చేరతాయి. రెండు తరంగాల మధ్య కాలవ్యవధిని బట్టి భూకంపం జన్యస్థానం (దీన్నే 'ఎపీసెంటర్' అంటారు) ఎంత దూరంలో ఉందో అంచనా వెయ్యొచ్చు. అలా రెండు మూడు కేంద్రాల



భూకంప తరంగాలు. P-తరంగాలు ద్రవ రూపంలో ఉన్న కేంద్రభాగంలోంచి ప్రయాణించగలవు. S తరంగాలకి అది సాధ్యం కాదు.

నుండి భూకంప జన్యస్థానం ఎంత దూరంలో ఉందో అంచనా వేస్తే, ఆ సమాచారాన్ని బట్టి అధికేంద్రాన్ని (epicenter, భూకంపం పుట్టిన స్థానాన్ని) అంచనా వేయొచ్చు. (A, B, C అని మూడు బిందువులు ఒక తలం మీద ఉన్నాయని అనుకోండి. P అనే నాలుగో బిందువు ఎక్కడ ఉందో తెలియదు గాని AP, BP, CP దూరాలు తెలుసు అనుకుందాం. అప్పుడు A, B, C బిందువులు కేంద్రాలుగా, వరసగా AP, BP, CP లు వ్యాసాలుగా మూడు వృత్తాలు గీశాం అనుకుందాం. ఆ మూడు వృత్తాలు కలిసే బిందువే P అవుతుంది. ఈ విధంగా మూడు దూరాల సహాయంతో ఒక కొత్త బిందువు స్థానాన్ని తెలుసుకోవచ్చు.)

ఇక P, S రకం తరంగాల వేగాలు భూగర్భంలో రాతి లక్షణాల మీద, ఉష్ణోగ్రత మీద, పీడనం మీద ఆధారపడతాయి. కాబట్టి ఈ భూకంప తరంగాల సహాయంతో భూగర్భంలోని భౌతిక లక్షణాలని శోధించడానికి వీలవుతుంది.

P-తరంగం ఉపరితలానికి దగ్గరిగా 5 మైళ్ళు/ సెకను వేగంతో ప్రసారం

అవుతుంది. ఉపరితలంలో 1000 మైళ్ళ లోతులో దాని వేగం రమారమి 8 మైళ్ళు/ సెకను దాకా ఉంటుంది. అలాగే S- తరంగం వేగం ఉపరితలానికి దగ్గరలో 3 మైళ్ళు/ సెకను వేగంతోను, భూగర్భంలో 1000 మైళ్ళ లోతులో 4 మైళ్ళు/ సెకను వేగంతోను ప్రసారం అవుతాయి. వేగంలో పెరుగుదల సాంద్రతలో పెరుగుదల వల్ల కలుగుతుంది కాబట్టి వేగంలో మార్పుల బట్టి భూగర్భంలో రాతి సాంద్రత గురించి తెలుసుకోవచ్చు. ఇందాక చెప్పుకున్నట్టు ఉపరితలం వద్ద రాతి సాంద్రత 2.8 గ్రాములు/ ఘన. సెంమీలు. ఉంటుంది. వెయ్యి మైళ్ళ లోతులో సాంద్రత 5 గ్రాములు/ ఘన. సెంమీ., 1800 మైళ్ళ లోతులో సాంద్రత 6 గ్రాములు/ ఘన. సెంమీలు ఉంటుంది.

1800 మైళ్ళ లోతులో ఉన్నట్లుండి ఒక మార్పు కనిపిస్తుంది. ఆ సరిహద్దు వద్ద S- తరంగాలు ఆగిపోతాయి. ఆర్. డి. ఓల్డ్ హామ్ అనే బ్రిటీష్ భౌగోళిక శాస్త్రవేత్త 1906లో ఆ సరిహద్దుకి అడుగున ఉన్నది ద్రవపదార్థం అయ్యుంటుందని ప్రతిపాదించాడు. భూకంప తరంగాలు భూమి లోపలి ఈ ద్రవ్య కేంద్రభాగం వరకు వచ్చి ఆగిపోతున్నాయన్నమాట. P- తరంగాలు ఆ సరిహద్దు వద్ద తటాలున దారి మళ్ళుతున్నాయి. ఘన రూపంలో ఉన్న పదార్థంలోనుంచి ద్రవ్యరూపంలో ఉన్న కేంద్ర భాగంలోకి ప్రవేశిస్తున్న తరంగాలు వక్రీభవనం చెందుతున్నాయని తరవాత తెలిసింది.

ఆ ద్రవరూపంలో ఉన్న కేంద్రభాగం సరిహద్దుకి గుటెన్బర్గ్ విచ్ఛిన్నత (Gutenberg discontinuity) అని పేరు. 1914లో ఆ సరిహద్దుని కచ్చితంగా నిర్వచించిన అమెరికన్ భౌగోళిక శాస్త్రవేత్త బెనో గుటెన్బర్గ్ గౌరవార్థం దానికి అలా పేరు పెట్టారు. ద్రవ రూపంలో ఉన్న ఆ కేంద్రభాగం (core) భూమి కేంద్రం నుండి 2,160 మైళ్ళ దూరం వరకు విస్తరించి ఉంటుంది అని కూడా ఆయన నిరూపించాడు. 1936లో ఆస్ట్రేలియాకి చెందిన గణితవేత్త కెయిత్ ఎడ్వర్డ్ బులెన్ భూకంప సమాచారాన్ని విశ్లేషించి దాన్ని బట్టి భూగర్భం లోతుల్లోని పొరల సాంద్రత గురించి ఎన్నో లెక్కలు వేశాడు. తదనంతరం 1960లో చిలీ దేశంలో వచ్చిన ఒక మహాభూకంపంలో తీసుకున్న సమాచారాన్ని బట్టి అతడి లెక్కలు నిజమని తేలాయి. కాబట్టి గుటెన్బర్గ్ విచ్ఛిన్నత వద్ద పదార్థపు సాంద్రత

6 నుండి 9కి ఒక్కసారిగా పెరుగుతుందని తెలిసింది. అక్కడినుంచి క్రమంగా పెరిగి భూమి కేంద్రం వద్ద 11 గ్రాములు/ ఘన.సెం.మీ. వరకు పెరుగుతుంది.

ఇంతకీ ఈ ద్రవకేంద్రం లక్షణాలేమిటి? కేంద్రభాగం (core)లో ఉండే ఉష్ణోగ్రత, పీడనాల వద్ద ఆ పదార్థపు సాంద్రత 9కి 11.5 గ్రాములు/ ఘన.సెం.మీ.కి మధ్య ఉండాలి. అక్కడి పీడనం 10,000 టన్నులు/ చదరపు అంగుళంకి 25,000 టన్నులు/ చదరపు అంగుళంకి మధ్య ఉండి ఉండాలి. ఉష్ణోగ్రతని నిర్ధారించడం కొంచెం కష్టం. గనులలో లోతు పెరుగుతుంటే ఉష్ణోగ్రత పెరిగే తీరుని బట్టి, రాళ్ళ ఉష్ణవాహక లక్షణాల బట్టి, ద్రవకేంద్రం ఉష్ణోగ్రత 5000 C అయ్యుంటుందని భౌగోళిక శాస్త్రవేత్తలు అంచనా వేస్తున్నారు. (జూపిటర్‌లాంటి మహా గ్రహం కేంద్రంలో ఉష్ణోగ్రత 500,000 C వరకు కూడా పోయే అవకాశం ఉంది.)

కేంద్ర భాగంలో ఉండే పదార్థంలో కూడా అధిక శాతం విరివిగా, సామాన్యంగా దొరికే మూలకమే ఏదో అయ్యుంటుంది. ఎందుకంటే మరి భూమి వ్యాసంలో ఈ కేంద్రభాగం వ్యాసం సగం ఉంటుంది. భూమి ద్రవ్యరాశిలో దీని ద్రవ్యరాశి మూడో వంతు ఉంటుంది. విశ్వంలో విరివిగా దొరికే భారమైన మూలకం ఇనుము. భూమి ఉపరితలం వద్ద దాని సాంద్రత కేవలం 7.86 గ్రాములు/ ఘన.సెం.మీలు నుండి 12 గ్రాములు/ ఘన.సెం.మీలు వరకు పెరుగుతుంది. పైగా భూకేంద్రంలో ఉండే పరిస్థితుల వద్ద అది ద్రవరూపంలో ఉంటుంది.

ఈ విషయం గురించి మరిన్ని సాక్ష్యాధారాలు మనకి ఉల్కల (Meteorites) నుండి దొరుకుతాయి. ఈ ఉల్కలలో రెండు ముఖ్యమైన రకాలు. 1) రాతి ఉల్కలు, వీటిలో ఎక్కువగా సిలికేట్‌లు ఉంటాయి. 2) ఇనుప ఉల్కలు, వీటిలో 90 శాతం ఇనుము, 9 శాతం నికెల్, ఇక మిగిలిన 1 శాతం ఇతర మూలకాలు ఉంటాయి. ఏదో పేలిపోయిన గ్రహం అవశేషాలే ఉల్కలు అని చాలా మంది శాస్త్రవేత్తలు నమ్ముతారు. కాబట్టి ఇనుప ఉల్కలు ఆ గ్రహం ద్రవకేంద్రం నుండి వచ్చి ఉండొచ్చు. రాతి ఉల్కలు ఆ గ్రహం ఉపరిభాగం (mantle) నుండి వచ్చి ఉండొచ్చు. (నిజానికి 1866లోనే, అంటే సెయిస్మాలజిస్టులు భూమి

కేంద్రభాగాన్ని శోధించడం ఆరంభించడానికి ముందే, గాబ్రియెల్ అగస్త్ దాబ్రీ అనే ఫ్రెంచ్ భౌగోళిక శాస్త్రవేత్త ఈ ఇనుప ఉల్కల మీద చేసిన అధ్యయనాల ఆధారంగా భూమి అంతరంగంలో అధిక శాతం ఉన్నది ఇనుమేనని సూచించాడు.)

కాబట్టి భూమి కేంద్రభాగంలో ఉన్నది ద్రవ రూపంలో ఉన్న నికెల్–ఇనుముల సమ్మేళనం అని ఈ రోజుల్లో భౌతిక శాస్త్రవేత్తలు నమ్ముతారు. అయితే ఒక దశలో ఈ భావనకి మరింత మెరుగులు దిద్దారు. 1936లో డేనిష్ భౌగోళిక శాస్త్రవేత్త ఇంగె లేమన్ ఒక విచిత్రమైన సమస్యతో కుస్తీ పడుతున్నాడు. తక్కిన తరంగాలకి ప్రవేశం లేకపోయినా కొన్ని ప్రత్యేక P-తరంగాలు మాత్రం ఉపరితలం వద్ద ఒక ప్రత్యేక ఛాయా ప్రాంతంలో కనిపిస్తున్నాయని ఇతడు గుర్తించాడు. ఈ పరిశీలనబట్టి కేంద్ర భాగంలో, కేంద్రం నుండి 800 మైళ్ళ దూరంలో మరొక సరిహద్దు ఉందని, అక్కడ కూడా మరోసారి తరంగాలు వక్రీభవనం చెందుతాయని, అలా వక్రీభవనం చెందిన తరంగాలే ఉపరితలంలో ఛాయా ప్రాంతంలో కనిపిస్తున్నాయని అతడు ఆలోచించాడు. ఈ సిద్ధాంతాన్ని గుటెన్బర్గ్ కూడా ఆమోదించాడు. ఇప్పుడు భౌగోళిక శాస్త్రవేత్తలు కేంద్రభాగంలో మళ్ళీ రెండు విభాగాలు ఉన్నట్టు చెపుతున్నారు: 1) బాహ్యకేంద్ర భాగం (outer core), ఇది ద్రవ్యరూపంలో ఉన్న నికెల్–ఇనుముల సమ్మేళనం అయిన పదార్థం, 2) అంతరంగ కేంద్ర భాగం (inner core). ఈ అంతరంగ కేంద్ర భాగానికి బాహ్య కేంద్ర భాగానికి మధ్య ముఖ్యమైన తేడాలు ఉండి ఉండాలి. బహుశ అంతరంగ కేంద్ర భాగం ఘనరూపంలో ఉండొచ్చు. రసాయనకంగా కూడా దాని లక్షణాలు వేరుగా ఉండొచ్చు. 1960లో చిలీలో వచ్చిన పెనుభూకంపంలో భూగోళం మొత్తం కంపనలు వ్యాపించాయి. అంతరంగ కేంద్ర భాగం ఉందని అనుకుని లెక్కలు వేస్తే ఆ భూకంపంలో వచ్చిన కంపనల కంపనా వేగాన్ని లెక్కించడానికి వీలయ్యింది. ఆ విధంగా అంతరంగ కేంద్ర భాగం ఒకటి ఉందని తెలిపే బలమైన సాక్ష్యాధారం దొరికింది.

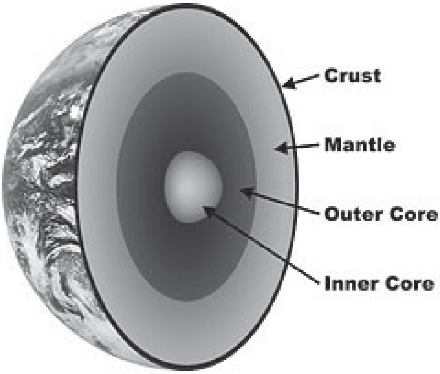
నికెల్–ఇనుములు గల బాహ్య కేంద్ర భాగం చుట్టూ ఉండే భూగర్భ భాగాన్ని mantle (మాంటిల్) అంటారు. ఇందులో ఎక్కువగా సిలికేట్లు ఉన్నట్టు

కనిపిస్తోంది. కాని వీటిలో ప్రసారం అయ్యే భూకంప తరంగాల వేగాన్ని బట్టి చూస్తే మామూలుగా భూమి పై పొరలలో కనిపించే సిలికేట్లకి ఈ మాంటిల్ లోపల ఉండే సిలికేట్లకి మధ్య తేడా ఉన్నట్టు కనిపించింది. ఈ విషయాన్ని 1919లో మొట్టమొదటిసారిగా అమెరికన్ భౌతిక రసాయన శాస్త్రవేత్త లీసన్ హెబర్లింగ్ ఆడమ్స్ నిరూపించాడు. వాటి లక్షణాల బట్టి అవి ఆలివైన్ (Olivine) జాతికి చెందిన రాళ్ళని (ఇవి కాస్త ఆకుపచ్చ రంగులో ఉంటాయి) అర్థమయ్యింది. వీటిలో ఎక్కువగా మెగ్నీషియమ్, ఇనుము ఉంటాయి, అల్యూమినమ్ తక్కువగా ఉంటుంది.

ఈ మాంటిల్ భూమి ఉపరితలం వరకు విస్తరించి ఉండదు. 1909లో బాల్కన్ భూకంపంలో పుట్టిన తరంగాలని విశ్లేషించిన ఆండ్రియా మొహొరోవిచిక్ అనే క్రొయేషియన్ భౌగోళిక శాస్త్రవేత్త మరో ఆసక్తికరమైన విషయాన్ని కనుక్కున్నాడు. భూమి లోపల 20 మైళ్ళ లోతులో అకస్మాత్తుగా తరంగ వేగం పెరగడం అతడు గమనించాడు. అంటే అక్కడ మరో సరిహద్దు ఉందన్నమాట. దీన్నే మొహొరోవిచిక్ విఛ్ఛిన్నత అని, కాస్త క్లుప్తంగా మొహూ అని పిలుస్తుంటారు. ఈ సరిహద్దుకి పైన ఉన్న ఈ సన్నని ఇరవై మైళ్ళ మందం ఉన్న పొరనే crust (క్రస్ట్) అని పిలుస్తారు.

ఈ క్రస్ట్, మాంటిల్‌లో ఉపరి పొరల, లక్షణాలని తెలుసుకోవాలంటే, ఇంతకు ముందు చెప్పుకున్న ఉపరి తరంగాలని ఉపయోగించాలి. అంతరంగ తరంగాలకి మాదిరి ఈ ఉపరితరంగాలలో కూడా రెండు రకాలు ఉన్నాయి. ఒక దాన్ని లవ్ తరంగాలు (వాటిని కనుక్కున్న ఎ.యి.హెచ్. లవ్ గౌరవార్థం) అంటారు. ఈ లవ్ తరంగాలు క్షితిజ సమాంతరంగా (horizontal) సాగే అలలు. నేల మీద పాము పాకినట్టుగా ఉంటుంది వీటి చలనం. ఇక రెండవ రకం తరంగాలు ర్యాలీ తరంగాలు (బ్రిటీష్ భౌతిక శాస్త్రవేత్త జాన్ విలియమ్ స్ట్రట్, లేదా లార్డ్ ర్యాలీ గౌరవార్థం అలా పిలుస్తారు). ఇవి నిలువు తరంగాలు. నీటిలో కదిలే సముద్ర సర్పం గతిలా ఉంటుంది వీటి చలనం.

కొలంబియా విశ్వవిద్యాలయానికి చెందిన మారిస్ ఎవింగ్ ఈ ఉపరితరంగాలని విశ్లేషించాడు. ఆ అధ్యయనాల బట్టి క్రస్ట్ మందం అన్ని



భూమిలోని అంతరంగ భాగాలు

చోట్ల ఒకే విధంగా ఉండదని తెలిసింది. సముద్రం అట్టడుగు వద్ద ఈ క్రస్ట్ బాగా పలచగా ఉంటుంది. కొన్ని చోట్ల మొహూ విచ్ఛిన్నత సముద్ర మట్టం కన్నా కేవలం 8–10 మైళ్ళే ఉంటుంది. బాగా లోతుగా ఉన్న చోట్ల సముద్రం లోతు 5 నుండి 7 మైళ్ళ వరకు ఉంటుంది. అంటే సముద్రపు లోతుల్లో క్రస్ట్ మందం 3 మైళ్ళే ఉంటుంది అన్న మాట. ఇక ఖండాల మీద చూస్తే ఈ మొహూ విచ్ఛిన్నత సముద్ర మట్టానికి అడుగున 20 మైళ్ళ లోతులో ఉంటుంది. పర్వత శ్రేణుల అడుగున 40 మైళ్ళ లోతులో ఉండొచ్చు. ఈ సత్యాన్ని, గురుత్వానికి సంబంధించిన కొలతలతో కలిపి చూస్తే, పర్వత శ్రేణుల్లో ఉండే రాతి సాంద్రత సగటు సాంద్రత కన్నా తక్కువే ఉంటుందని అర్థమవుతుంది.

క్రస్ట్‌లో ముఖ్యంగా రెండు రకాల రాళ్ళు ఉంటాయి – ఒకటి బేస్టాల్ (basalt), రెండోది గ్రానైట్ (granite). కాస్త తక్కువ సాంద్రత ఉన్న గ్రానైట్, మరింత ఎక్కువ సాంద్రత బేసాల్ట్ మీద తేలుతూ, జారుతూ, ఖండాల ఏర్పాటుకు కారణం అవుతుంది. గ్రానైట్ ప్రత్యేకంగా మందంగా ఉన్న చోట్ల పర్వతాలు ఏర్పడతాయి (నీటిలో తేలి పైకి కనిపించే మంచుకొండలా (iceberg)). యవ్వన దశలో ఉన్న కొండలు తమ గ్రానైట్ వేళ్ళని బేసాల్ట్ పునాదిలోకి లోతుగా పోనిస్తాయి. కాని కాలానుగతంగా పర్వతాలు ఒరుసుకుపోయినప్పుడు అవి నెమ్మదిగా మరింత పైకి తేలతాయి. ఈ విధంగా పర్వతాలు సమతాస్థితిలో ఉండడాన్ని isostasy అంటారు. (అమెరికన్ భౌగోళిక శాస్త్రవేత్త క్లారెన్స్ ఎడ్వర్డ్

డటన్ 1889లో ఈ పేరు సూచించాడు. Iso అంటే ఒకే, stasy అంటే స్థితి, అంటే స్థితిని ఒకే విధంగా నిలుపుకునే లక్షణం అన్నమాట.) ఉదాహరణకి, ఉత్తర అమెరికా ఖండం మీద అతి ప్రాచీనమైన అపలేషయన్ పర్వత శ్రేణి వేళ్ళు ఇంచుమించు పూర్తిగా మాయమైపోయాయి.

సముద్రాల కింద ఉండే బేసాల్ట్ పావు నుండి అర మైలు మందం ఉన్న అవక్షేపక శిలతో కప్పబడి ఉంటుంది. ఇక అక్కడ పెద్దగా గ్రానైట్ ఉండదు. కొన్ని చోట్ల ససేమిరా ఉండదు. ఉదాహరణకి పసిఫిక్ బేసిన్‌లో గ్రానైట్ బొత్తిగా ఉండదు. సముద్రాల అడుగున బేసాల్ట్ పొర అంత పలచగా ఉండడం చూసి శాస్త్రవేత్తలకి ఒక బ్రహ్మాండమైన ఆలోచన వచ్చింది. సముద్రం అడుగున కన్నం చేసుకుంటూ మొహూ విచ్ఛిన్నత వరకు తవ్వుకుంటూ పోయి, అక్కడ మాంటిల్ నుండి పదార్థాన్ని వెలికి తీసి, అందులో ఏముందో చూస్తే? ఇది అన్నంత తేలిక కాదు. మొదట అత్యంత అపారమైన సముద్ర ప్రాంతం మీద ఓడని లంగరు వెయ్యాలి. డ్రిల్లింగ్ సామగ్రిని మైళ్ళ మందం ఉన్న నీటి పొరని దాటించాలి. ఆపై గతంలో ఎవరూ ఛేదించనంత మందమైన రాతి పొరని ఛేదించాలి. మొదట్లో ఆ భావన ఎంతో ఉత్సాహాన్ని కలిగించినా ఆచరణలో వచ్చే సాధకబాధకాల గురించి ఆలోచించాక ఉత్సాహం నీరుగారిపోయింది.

ఖండ గమన సిద్ధాంతం (Theory of Continental Drift)

బేసాల్ట్ మీద గ్రానైట్ తేలగలదు అని తెలిశాక ఖండాలు కూడా కదులుతాయా అన్న ప్రశ్న బయలుదేరుతుంది. ఆ విధంగా ఖండ గమన (continental drift) సిద్ధాంతం అంకురించింది. 1912లో ఆల్ఫ్రెడ్ లోథార్ వెగెనర్ అనే జర్మన్ భౌగోళిక శాస్త్రవేత్త ఒక దీర్ఘమైన సూచన చేశాడు. గతంలో ఒక దశలో ఖండాలన్నీ ఒకే పెద్ద గ్రానైట్ ఫలకంలా ఉండేవన్నాడు. దానికి పాంజియా (Pangaea సమస్త భూమి) అని పేరు కూడా పెట్టాడు. పృథ్వీ చరిత్రలో ఒక దశలో ఈ గ్రానైట్ రాశి ముక్కలు చెక్కలై, అలా ఏర్పడ్డ ఖండాలు దూరదూరంగా జరిగాయి. వాటి చలనం ఇంకా ఆగలేదని, ఇప్పటికీ కదులుతున్నాయని వాదించాడు. ఉదాహరణకి గ్రీన్‌లాండ్ యూరప్ నుండి ఏడాదికి గజం దూరం జరుగుతోంది అన్నాడు. అసలు అతడికి ఈ ఆలోచన

రావడానికి కారణం వేరే ఉంది. (గతంలో 1920లో ఫ్రాన్సిస్ బేకన్‌కి ఈ ఆలోచన రావడానికి కూడా ఇదే కారణం.) ప్రపంచ పటాన్ని జాగ్రత్తగా చూస్తే దక్షిణ అమెరికా తూర్పు తీర రేఖ, ఆఫ్రికా పశ్చిమ తీర రేఖతో చక్కగా అమరిపోతుందని గమనించొచ్చు. ఖండాలన్నీ అలా ఒక జిగ్సా పజిల్‌లో ముక్కల్లా ఒకదాంతో ఒకటి సరిపోవడం ఆశ్చర్యం కలిగిస్తుంది.

ఒక అర్ధశతాబ్దం పాటు వెగెనర్ సిద్ధాంతానికి తీవ్రమైన వ్యతిరేకతే ఎదురయ్యింది. ఆ సిద్ధాంతాన్ని వ్యతిరేకించే ఒక బలమైన భౌతిక కారణం ఉంది. ఇటు ఖండాల అడుగున, అటు సముద్రాల అడుగున ఉన్న బేసాల్ట్ పొర ఎంత బిగుతుగా ఉంటుందంటే దాని మీద గ్రానైట్‌మయమైన ఖండాలు అటు ఇటు కదలడం ఇంచుమించు అసంభవం.

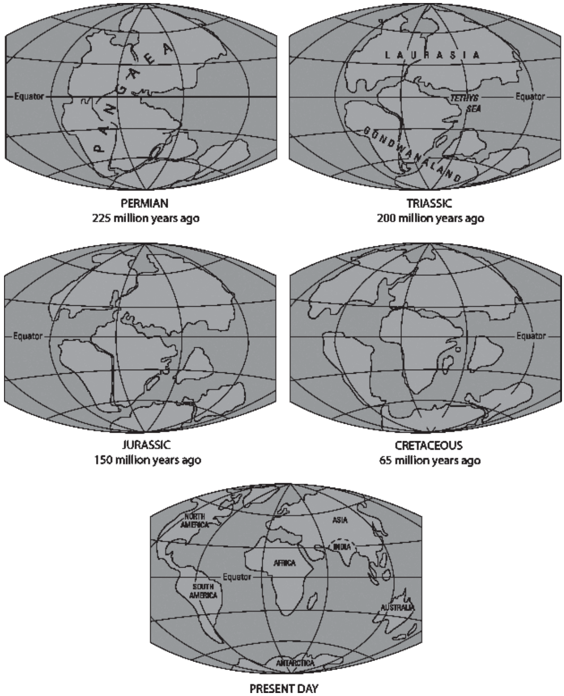
కాని క్రమంగా ఖండ గమన సిద్ధాంతాన్ని సమర్థించే ఆధారాలు పెరిగాయి. ఒకప్పుడు అట్లాంటిక్ మహాసముద్రం ఉండేది కాదని, ఖండాలన్నీ ఒకప్పుడు ఒక అఖిలరాశిగా ఉండేవని తెలిపే ఆధారాలు బలపడ్డాయి. ఖండాలని వాటి ప్రస్తుత తీర రేఖ బట్టి కాక, వాటి అంచుల వాలు మధ్య రేఖల బట్టి పోల్చి జత చేసి చూస్తే, అప్పుడు అట్లాంటిక్ ప్రాంతంలో ఉత్తరం నుండి దక్షిణం వరకు ఇరుపక్కల ఖండాల ఆకారాలు చక్కగా అమరిపోతాయి. అదే విధంగా పశ్చిమ ఆఫ్రికాకి చెందిన శిలా విన్యాసాలు, దక్షిణ అమెరికాకి చెందిన తూర్పు తీర సమీప శిలా విన్యాసాలతో చాలా సన్నిహితంగా పోలి ఉంది. భూమి అయస్కాంత ధృవాలు కదులుతుంటాయని ఒక సంచలనాత్మక సిద్ధాంతం ఉంది. కాని అసలు ఖండాలే కదులుతుంటాయంటే ధృవాల కదలిక పెద్ద విశేషంలా అనిపించదు.

ఇలా ఉండగా 1968లో ఒక సంచలనాత్మకమైన ఆధారం దొరికింది. అంటార్కిటికా ఖండంలో ఒక విలుప్త (extinct) ఉభయచరానికి చెందిన 2.5 అంగుళాల పొడవు ఉన్న ఒక ఎముక శిలాజం (fossil) దొరికింది. అలాంటి జీవి దక్షిణ ధృవానికి అంత సమీపంలో ఉండే అవకాశమే లేదు. అంటే అంటార్కిటికా ఖండం ఒకప్పుడు దక్షిణ ధృవం నుండి మరింత దూరంలో మరింత వెచ్చని వాతావరణంలో ఉండేదన్నమాట. ఆ ఉభయచరం అతి సన్నని

ఉప్పునీటి జలాశయాన్ని కూడా దాటగలిగి ఉండేది కాదు. అంటే అంటార్కిటికా ఒకప్పుడు మరింత విస్తారమైన, మరింత వెచ్చని ప్రాంతాలు గల భూభాగంలో భాగంగా ఉండేదన్నమాట. అది నిజమేననుకుంటే ఒక ప్రథమ మహాఖండం ముక్కలై ఎందుకు వేరుపడింది అన్న ప్రశ్న వస్తుంది. 1960ల ప్రాంతాల్లో అమెరికన్ భౌగోళిక శాస్త్రవేత్త హారీ హామండ్ హెస్ ఒక సూచన చేశాడు. కరిగిన మాంటిల్ పదార్థం కొన్ని చీలిక రేఖల మధ్యనుండి పైకి తన్నుకొచ్చి, మాంటిల్ పైన పక్కలకి ప్రవహించి, చల్లబడి, గట్టిబడవచ్చునన్నాడు. ఉదాహరణకి అట్లాంటిక్ సముద్రం పొడవునా అలాంటిదే జరిగి ఉండొచ్చు. అలాంటి ప్రక్రియ వల్ల సముద్రపు అట్టడుగు విస్తరించబడి, సాగదీయబడుతుంది. ఆ విధంగా సముద్రపు నేల విస్తరించడం మూలంగా ఖండాలు కదులుతున్నాయని అనిపిస్తుంది.

పాంజియా అనే మహాఖండం నిజంగానే ఉండేదని మనకిప్పుడు తెలుస్తోంది. 225 మిలియన్ సంవత్సరాల క్రితం, అప్పుడప్పుడే భూమి మీద డైనోసార్ల జాతుల ప్రాబల్యం పెరుగుతున్న సమయంలో కూడా పాంజియానే ఉండేది. మొక్కల, జంతువుల పరిణామ క్రమంబట్టి పరిశీలిస్తే ఆ మహాఖండం చీలిక 200 మిలియన్ల సంవత్సరాల క్రితం మొదలై ఉంటుందని అనిపిస్తోంది. ఆ తరవాత పాంజియా మూడు భాగాలుగా విడిపోయింది. ఆసియా, ఉత్తర అమెరికా, యూరప్‌లతో కూడుకున్న ఉత్తర భాగం లారేసియా (Lawrasia). ఇండియా, ఆఫ్రికా, దక్షిణ అమెరికాలతో కూడుకున్న దక్షిణ భాగం గోండ్వానా (ఇండియాలో ఒక ప్రాంతం పేరే ఆ ఉపఖండానికి పెట్టారు). అంటార్కిటికా, ఆస్ట్రేలియాలు కలిసినది మూడవ భాగం.

సుమారు 65 మిలియన్ల సంవత్సరాల క్రితం, డైనోసార్లు అంతరించి పోయిన తరవాత, స్తన్యజీవులు భూమిని ఏలుతున్న కాలంలో, ఆఫ్రికానుండి దక్షిణ అమెరికా పశ్చిమంలో విడిపోయింది. ఇక ఆఫ్రికాకి తూర్పు భాగంనుండి ఇండియా వేరుపడి, పైకి కదులుతూ దక్షిణ ఆసియా దిశగా ప్రయాణించడం మొదలుపెట్టింది. యూరప్‌నుండి ఉత్తర అమెరికా వేరుపడింది. ఆసియా దక్షిణ అంచులోకి ఇండియా దిగబడిపోయింది (ఆ సమాగమం వల్ల భూమి పైపొర



ఖండచలన వృత్తాంతం

మడతపడగా ఏర్పడ్డవే హిమాలయ పర్వతాలు). అంటార్కిటికా నుండి ఆస్ట్రేలియా వేరు పడింది. ప్రస్తుతం మనం జీవిస్తున్న ప్రపంచం ఆ విధంగా ఏర్పడింది.

పృథ్వీ పరిణామం గురించి మరింత సంచలనాత్మకమైన సూచన చేసిన వాడు జార్జ్ హోవర్డ్ డార్విన్ (పరిణామ సిద్ధాంతకారుదు చార్లెస్ డార్విన్ కొడుకు). భూమి నుండి విరిగి వేరుపడ్డ మట్టిగడ్డ చందమామ అని 1879లో ఇతడు అన్నాడు. అలా వేరుపడగా భూమిలో ఏర్పడ్డ పెద్ద గొయ్యే పసిఫిక్ మహాసముద్రం అన్నాడు.

ఇది చాలా ఆకర్షణీయమైన ఆలోచన. ఎందుకంటే చందమామ ద్రవ్యరాశి భూమి – చందమామల సమష్టి వ్యవస్థ ద్రవ్యరాశిలో 1 శాతం కన్నా కాస్త ఎక్కువ ఉంటుందంతే. పైగా చందమామ వెడల్పు, పసిఫిక్ మహాసముద్రపు వెడల్పుకి దగ్గరిగా ఉంటుంది. భూమి పైపొరల నుండి చందమామ

ఆవిర్భవించడం నిజమే అయితే, చందమామలో ఇనుము ప్రధానంగా ఉన్న కేంద్ర భాగం లేకపోవడం, భూమి కన్నా మరింత తక్కువ సాంద్రత కలిగి ఉండడం, ఖండాలలో ఉండే గ్రానైట్ పొర పసిఫిక్ సముద్రపు అట్టడుగులో లేకపోవడం అనే వాస్తవాలని బాగా అర్థం చేసుకోవచ్చు.

అయితే పృథ్వీ-చంద్రులు ఆ విధంగా విడిపోయి ఉండొచ్చునన్న విషయాన్ని ఇప్పుడు ఖగోళశాస్త్రవేత్తలు గాని, భౌగోళిక శాస్త్రవేత్తలుగాని సమ్మతించరు. కాని చందమామ గతంలో ప్రస్తుతం కన్నా భూమికి మరింత దగ్గరిగా ఉండేదని మాత్రం స్పష్టంగా తెలుస్తోంది.

చందమామ గురుత్వాకర్షణ సముద్రం మీదే కాక, భూమి పైపొరల మీద కూడా ప్రభావం చూపిస్తూ అలలు పుట్టిస్తుంది. ఈ ఆకర్షణ బలం కారణంగా సముద్ర జలాలు సముద్రపు నేలమీద ఈడ్వబడతాయి. అలాగే భూమిలో రాతి పొరలు కూడా ఒకదాని మీద ఒకటి రాసుకుంటాయి. ఈ రాపిడి వల్ల భూమి ఆత్మభ్రమణ వేగంలో ఉండే గతిశక్తి ఉష్ణశక్తిగా మారుతుంది. కాబట్టి దాని ఆత్మభ్రమణ వేగం క్రమంగా నెమ్మదిస్తుంది. మానవ జీవనస్థాయిలో పోలిస్తే ఈ మార్పు పెద్ద చెప్పుకోదగ్గది ఏమీ కాదు. రోజు పొడవు లక్ష సంవత్సరాలకి ఒక సెకను పెరుగుతుంది. అలా భూమి ఆత్మభ్రమణ శక్తిని కోల్పోతుంటే కోణీయ ద్రవ్యవేగ నిత్యత్వ సూత్రం ప్రకారం, కోణీయ ద్రవ్యవేగం మాత్రం మారకుండా ఉండాలి. అంటే భూమి పోగొట్టుకుంటున్న కోణీయ ద్రవ్యవేగం చందమామ కాజేస్తుంది. భూమి చుట్టూ చందమామ పరిభ్రమించే వేగం పెరుగుతూ పోతుంది. ఆ కారణం వల్లనే అది భూమి నుండి ఇంకా ఇంకా దూరంగా జరుగుతూ పోతుంది.

భూమి సుదీర్ఘ గతాన్ని పరిశీలిస్తే ఒకప్పుడు భూమి ఆత్మభ్రమణ వేగం మరింత ఎక్కువగా ఉండేదని, దిన కాలం మరింత తక్కువగా ఉండేదని, చందమామ మరింత దగ్గరగా ఉండేదని తెలుస్తోంది. ఈ చలనాలన్నీ గతంలో ఎలా ఉండేవో డార్విన్ లెక్కలు వేశాడు. గతంలో ఎంత దూరం పోతే పృథ్వీ-చంద్రులు ఒక్క వస్తువు అనుకునేంత దగ్గరగా ఉండేవారో లెక్కవేశాడు. మనం మరీ అంత దూరం వెళ్ళకపోయినా గతంలో దినకాలం ఇప్పటికన్నా

బాగా తక్కువగా ఉండేదని ఆధారాలు ఉన్నాయి. ఉదహరణకి 570 మిలియన్ల సంవత్సరాల క్రితం (ఇది మనకి తెలిసిన అత్యంత పురాతనమైన శిలాజాల కాలం) పరిస్థితిని చూస్తే అప్పుడు దినకాలం 20 గంటలు ఉండేది. సంవత్సరానికి 448 రోజులు ఉండేవి.

కాని ప్రస్తుతానికి మాత్రం అదంతా కేవలం ఒక సిద్ధాంతం, ఒక అందమైన భవనంగా మిగిలింది. కొన్ని రకాల పగడాలు (corals) కొన్ని ప్రత్యేక రుతువులలో కాల్షియమ్ కార్బొనేట్ చారలు వేస్తాయి. చెట్టు కాండంలోని వలయాల బట్టి చెట్ల వయసు చెప్పినట్టు, ఈ పగడపు చారల బట్టి ఆ పగడాల వయసు చెప్పొచ్చు. ఇక కొన్ని రకాల పగడాలు అయితే రాత్రి కన్నా పగలు మరింత గాఢమైన కాల్షియమ్ కార్బనేట్ చారలు వేస్తాయి. కాబట్టి ఏడాది కాలాన్ని సూచించే గీతలే కాకుండా, రోజులని సూచించే మరింత సన్నని గీతలు కూడా అక్కడ కనిపిస్తాయి. 1963లో జాన్ వెస్ట్ వెల్స్ అనే అమెరికన్ పురాజీవశాస్త్రవేత్త (Paleontologist, ప్రాచీన జీవరాశులని అధ్యయనం చేసే శాస్త్రవేత్త) ఈ పగడాలకి చెందిన శిలాజాలని అధ్యయనం చేశాడు. 400 మిలియన్ సంవత్సరాల కాలానికి సంబంధించిన శిలాజాలలో కనిపించిన చారలలో ఏడాది కాలానికి సంబంధించిన ప్రతి దట్టమైన చారలోను, సగటున 400 మరింత సన్నని గీతలు ఉండడం కనిపించింది. అంటే ఆ కాలంలో ఏడాదికి 400 రోజులు ఉండేవన్నమాట. అదే విధంగా 320 మిలియన్ సంవత్సరాల క్రితం కాలానికి చెందిన శిలాజాలలో ప్రతి ఏడాది చారలోను 380 దైనిక చారలే కనిపించాయి. అంటే భూమి గతంలోకి అంతకంతకు దూరంగా పోతుంటే ఏడాదిలో రోజుల సంఖ్య పెరుగుతూ పోతుంది అన్నమాట.

ఇప్పుడు మరో చిక్కు ప్రశ్న ఉదయిస్తుంది. చందమామ భూమికి మరింత దగ్గరగా ఉన్నట్లయితే, భూమి ఆత్మభ్రమణ వేగం మరింత ఎక్కువ అయినట్లయితే, ఇంకా సుదూరమైన గతంలో పరిస్థితి ఎలా ఉండేది? డార్విన్ ప్రతిపాదించిన పృథ్వీ–చంద్రుల వేర్పాటు సిద్ధాంతం తప్పయితే మరి సరైన సిద్ధాంతం ఏమిటి?

మరో సిద్ధాంతం ప్రకారం దారే పోతున్న చందమామని భూమి చటుక్కున పట్టుకొని ఉండొచ్చు. అలాంటి సంఘటన 600 మిలియన్ సంవత్సరాల

క్రితం జరిగిందని అనుకుంటే కొన్ని చిక్కు సమస్యలకి సమాధానం దొరుకుతుంది. సరిగ్గా అదే కాలం నుండే రాళ్ళలో శిలాజాలు కనిపించడం మొదలుపెట్టాయి. అంతకు పూర్వం రాళ్ళలో కేవలం స్వల్ప మాత్రంగా కార్బన్ ఛాయలు మాత్రమే కనిపించేవి. చందమామ సంగ్రహణ సంఘటన సందర్భంలో అంతకు పూర్వపు రాళ్ళన్నీ శుభ్రంగా ఏ ఆనవాళ్ళు మిగలకుండా కడిగేయబడి ఉండొచ్చు. (ఆ దశలో నేల మీద జీవరాశులు ఉండేవికావు, ఉన్నట్లయితే అవి సమూలంగా తుడిచిపెట్టుకుపోయి ఉండేవి.) చందమమామ ఆ విధంగా గ్రహించబడి ఉన్నట్లయితే ప్రస్తుత స్థితి కన్నా చందమామ భూమికి బాగా దగ్గరగా ఉండి ఉండొచ్చు. ఆ సమయం నుండి చందమామ క్రమంగా భూమికి దూరం కావడం, దిన కాలం క్రమంగా దీర్ఘం కావడం జరిగి ఉండాలి. అంతకు ముందు కాలంలో మాత్రం అలాంటి పరిణామాలేవీ జరిగి ఉండకూడదు.

చందమామ పుట్టుక గురించి మరో భావన ఈ విధంగా ఉంటుంది. సౌరమండలం ప్రాథమిక దశలలో భూమి చుట్టూ ముసిరి ఉన్న వాయు–ధూళి మేఘాలలోంచి చందమామ ఏర్పడి ఉంటుందని, అప్పటినుంచి క్రమంగా భూమి నుండి దూరంగా జరుగుతూ పోయిందని, భూమిలో ఎన్నడూ భాగంగా లేదని ఆ సిద్ధాంతం చెపుతుంది.

ఇంతకీ చెప్పేదేమంటే చందమామ ఆవిర్భావం గురించిన సత్యం ప్రస్తుతానికి ఎవరికీ ఖచ్చితంగా తెలియదు. చందమామ పర్యటన, పరిశీలన ఇప్పుడిప్పుడే వేగం పుంజుకుంటోంది. ఈ పరిశీలనల వల్ల వచ్చిన కొత్త సమాచారాన్ని బట్టి చందమామ నిజస్వరూపం భవిష్యత్తులో స్పష్టం అవుతుందేమో.

భూమిలో రెండు ముఖ్య విభాగాలు ఉన్నాయని ఇందాక చెప్పుకున్నాం. ఒకటి సిలికేట్లతో కూడుకున్న మాంటిల్, రెండవది నికెల్–ఇనుము మిశ్రమంతో కూడుకున్న కేంద్రభాగం. (గుడ్డులో తెల్లని భాగం, పచ్చని సొన ఏ నిష్పత్తిలో ఉంటాయో ఈ రెండు విభాగాలు కూడా ఇంచుమించు అదే నిష్పత్తిలో ఉండాయి.) భూమిలో ఈ రెండు విభాగాలు ఉన్నాయని తెలుసుకున్న భౌగోళిక శాస్త్రవేత్తలు భూమి దాని తొలి దశలలో ద్రవ్యరూపంలో ఉండేదని

ఆలోచించసాగారు. ఆ దశలో భూమి ఒకదాంట్లో ఒకటి కలియని రెండు ద్రవాల మిశ్రమం అయ్యుంటుంది. సిలికేట్ ద్రవం మరింత తేలిగ్గా ఉంటుంది కాబట్టి పైకి తేలి, ఉపరితలంలో దాని వేడిని అంతరిక్షంలోకి వెదజల్లి చల్లబడి ఉంటుంది. అడుగున ఉన్న ఇనుప ద్రవాన్ని అంతరిక్షాన్ని వేరు చేస్తూ మధ్యలో సిలికేట్ పొర ఉంది కాబట్టి, అంతరంగంలోని వేడి చాలా నెమ్మదిగానే తప్పించుకుపోతుంది. అది ఎంత నెమ్మదిగా జరుగుతుంది అంటే ప్రస్తుత కాలానికి కూడా ఆ అంతరంగం ద్రవరూపంలోనే ఉంది.

భూమి మొదట్లో చల్లని గ్రహశకలాల సంయోగం వల్ల ఏర్పడింది అనుకున్నా కూడా, అలాంటి చల్లని భూమి కరిగి ద్రవంగా మారేటంతగా వేడెక్కడానికి మూడు మార్గాలు ఉన్నాయి: 1) గ్రహశకలాలు ఒకదాంతో ఒకటి ఢీకొంటున్నప్పుడు వాటి గతిశక్తి ఉష్ణంగా మారుతుంది. 2) అలా ద్రవ్యరాశిని పెంచుకుంటూ ఎదుగుతున్న గ్రహం దాని సొంత గురుత్వాకర్షణ వల్ల కుంచించుకుంటుంది. ఆ ప్రక్రియలో మరింత వేడి విడుదల అవుతుంది. 3) భూమిలో ఉన్న రేడియోధార్మిక మూలకాలు – యురేనియం, థోరియం, ప్లూటోనియంలు – విచ్ఛిన్నమైన మరింత సరళ మూలకాలుగా మారే ప్రక్రియలో యుగయుగాలుగా అపారమైన వేడిమిని వెలువరిస్తూ ఉన్నాయి. ప్రస్తుత దశలో కన్నా తొలిదశల్లో భూగర్భంలో మరింత ఎక్కువ రేడియోధార్మిక పదార్థం ఉండేది. భూమిని వేడెక్కించి కరిగించడానికి ఈ రేడియోధార్మిక పదార్థాల నుండి వెలువడ్డ ఉష్ణం చాలు.

పృథ్వీ పరిణామాన్ని అర్థం చేసుకోడానికి భూమి ఈ ఆదిమ ద్రవరూపం అవసరమని శాస్త్రవేత్తలు అందరూ అనుకోవడం లేదు. హారోల్డ్ క్లేటన్ యురే అనే అమెరికన్ రసాయన శాస్త్రవేత్త భూమిలో అధిక భాగం ఎప్పుడూ ఘనరూపంలోనే ఉండేదని వాదిస్తాడు. అధికశాతం ఘన రూపంలో ఉన్న భూమిలో కూడా ఇనుము మెల్లగా రసాయనికంగా వేరుపడుతూ, ఇనుముతో కూడుకున్న కేంద్రభాగం (core) ఏర్పడే అవకాశం ఉందంటాడు. అనుక్షణం మాంటిల్ నుండి కోర్ కి 50,000 టన్నుల ఇనుము వలసపోతూ ఉంటుంది అంటాడు.

ఆ విధంగా ఆదిలో ద్రవరూపంలో అత్యధిక తాపంలో ఉన్న భూమి

చల్లబడిందని ఊహించుకుంటే, దాని ఉపరితలం అంతా మడతలు మడతలుగా ఎందుకు ఉంటుందో అర్థం చేసుకోవచ్చు. చల్లారుతున్న భూమి కుంచించు కుంటున్నప్పుడు దాని పైపొర అక్కడక్కడ పుటుక్కున విరుగుతుంది. ఆ విరుగుడు చిన్న స్థాయిలో జరిగితే దాన్నే భూకంపం అంటారు. చిన్న చిన్న సవరణలు పోగవుతూ దీర్ఘకాల పరిణామంలో జరిగితే పర్వతశ్రేణులు ఏర్పడతాయి. భూమి సుదీర్ఘ జీవన గతితో పోలిస్తే పర్వతాలు ఏర్పడ్డ పర్వాలు కాస్త క్లుప్తంగానే ఉంటాయి. పర్వతాలు ఏర్పడ్డా సహజమైన ఒరిపిడి (erosion) శక్తుల వల్ల పర్వతాలు వేగంగానే తరిగిపోయి నేలమట్టమైపోతాయి. ఆ తరవాత స్థిరత్వంతో కూడుకున్న సుదీర్ఘమైన దశలు వస్తాయి. ఆ తరవాత భూమిలో మళ్ళీ కొత్త ఒత్తిళ్ళు పుట్టుకొచ్చి, పైపొర మళ్ళీ మడతలు పడి, కొత్త పర్వతాల రూపకల్పన ఆరంభం అవుతుంది. కాబట్టి అడపాదడపా వచ్చే ఈ సంచలనాత్మక సృష్టి ముహూర్తాలని పక్కన పెడితే, పృథ్వీ జీవనంలో భూమి ఉపరితలంలో అధిక భాగం చదునైన ఖండాలతోను, లోతులేని సముద్రాలతోను అవిశేషంగా, కళావిహీనంగా ఉంటుంది.

కాని ఇలాంటి దృక్పథంతో వచ్చిన చిక్కేంటంటే దీని ప్రకారం భూమి నిజంగా చల్లబడుతున్నట్టు లేదు. వేడెక్కిన వస్తువుకి నిరంతరం ఉష్ణం ప్రసాదించే ఉష్ణమూలం లేకపోతే ఆ వస్తువు ఏదో ఒకనాటికి పూర్తిగా చల్లబడుతుంది. నిజమే. కాని భూమి విషయంలో ఒక అక్షయమైన ఉష్ణమూలం ఉంది. ఇరవయ్యవ శతాబ్దానికి ముందు దాని గురించి పెద్దగా అవగాహన ఉండేది కాదు. 1896లో రేడియోధార్మికత గురించి తెలిశాక ఆ ఉష్ణమూలం గురించి అర్థం కాసాగింది. అంతవరకు తెలియని ఒక అపారమైన శక్తిమూలం పరమాణువు లోతుల్లో దాగి ఉందని అర్థమయ్యింది.

కొన్ని వందల మిలియన్ల సంవత్సరాలుగా భూగర్భంలోని రేడియోధార్మికత ఉష్ణాన్ని ఉత్పన్నం చేస్తూ వస్తోంది. ఆ విధంగా క్రస్ట్‌లోను, మాంటిల్‌లోను ఉత్పన్నం అయ్యే వేడి వల్ల భూమి అంతరంగ ఉష్ణోగ్రత మారకుండా ఉంటోంది. అసలు నిజానికి అంతరంగ ఉష్ణోగ్రత చాలా నెమ్మదిగా పెరుగుతోందని తెలిసినా ఆశ్చర్యపోనక్కర్లేదు. అయినా కూడా ప్రస్తుతం మనం పృథ్వీ పరిణామ గాథలో

పర్వత నిర్మాణ పర్వానికి అంతంలో ఉన్నాం.

కొన్ని దశాబ్దాల క్రితమే ఇజ్రాయెల్‌కి చెందిన చైమ్. ఎల్. పెర్కెరిస్ అనే భౌతికశాస్త్రవేత్త ఒక కొత్త సిద్ధాంతాన్ని ప్రతిపాదించాడు. ఆ సిద్ధాంతాన్ని అమెరికన్ భౌగోళిక శాస్త్రవేత్త డి.టి. బ్రిగ్స్ మరింతగా విస్తరింపచేశాడు. ఈ సిద్ధాంతం ప్రకారం కోర్ నుండి పుట్టుకొస్తున్న వేడి మాంటిల్‌లో వరసగా నిలువు దశలో కొన్ని తరంగాలని సృష్టిస్తుంది. అలా వేడెక్కిన పదార్థంలోని తరంగాలు పైన క్రస్ట్‌లోకి ఎగసి, అక్కడ చల్లబడ్డాక తిరిగి అడుక్కిపోతాయి. మాంటిల్ ద్రవం కాదు కాబట్టి, కేవలం ప్లాస్టిక్ లక్షణం కలిగి ఉంటుంది కాబట్టి, ఈ చలనం చాలా నెమ్మదిగా, ఏడాదికి ఒకటి రెండు అంగుళాల మేరకు జరుగుతుంది.

ఇప్పుడు పక్కపక్కగా ఉండే రెండు తరంగాలు కలిసికట్టుగా కిందికి కదిలినప్పుడు, క్రస్ట్‌లోని ఒక భాగం కూడా నేలలోకి కూరుకుపోతుంది. ఆ విధంగా భారమైన మాంటిలో పదార్థంలో తేలికైన క్రస్ట్ పదార్థం వేళ్ళూనుతుంది. మాంటిల్‌లో ఉండే వేడి ప్రభావం వల్ల ఆ వేళ్ళు గ్రానైట్‌గా మారతాయి. తదనంతరం, isostasy లక్షణం వల్ల ఆ వేళ్ళు, దాని మీద కప్పబడ్డ తేలికైన పదార్థం, రెండూ పైకి లేచి పర్వతశ్రేణులుగా ఏర్పడతాయి. ఆ విధంగా పర్వత నిర్మాణ ప్రక్రియ ఒక 60 మిలియన్ సంవత్సరాలపాటు సాగితే, తదనంతరం ఏ సంచలనం లేని ప్రశాంత పరిస్థితులు ఒక 500 మిలియన్ సంవత్సరాలు నెలకొంటాయి. ఈ సుదీర్ఘ ప్రశాంత దశలో మళ్ళీ మాంటిల్‌లో తగినంత వేడి పోగై మరో కొత్త ఉష్ణ చక్రానికి శ్రీకారం చుడుతుంది. కాబట్టి పర్వత నిర్మాణ ప్రక్రియకి, ఖండ చలనానికి మధ్య సంబంధం ఉందని తెలుస్తుంది.

సముద్రం

గ్రహాలన్నిటిలోకి భూమికి ఒక ప్రత్యేకత ఉంది. భూమి ఉపరితలం మీద ఉండే ఉష్ణోగ్రతల వద్ద నీరు దాని మూడు దశలలోను (ఘన, ద్రవ, వాయు) ఉండగలదు. మనకి తెలిసినంత వరకు మొత్తం సౌరమండలంలో సముద్రాలు ఉన్న ప్రదేశం భూమి ఒక్కటే. సముద్రాలు అనే కన్నా సముద్రం అంటే సబబుగా ఉంటుందేమో. ఎందుకంటే మొత్తం ఐదు సముద్రాలు (పసిఫిక్,

అట్లాంటిక్, ఇండియన్, ఆర్కిటిక్, అంటార్కిటిక్ సముద్రాలు) ఒకే అఖిల లవణ జలరాశిగా ఉన్నాయి. ఆ మహాజలాశయంలో యూరప్–ఆసియా–ఆఫ్రికా కలిసిన భూభాగం, అమెరికా ఖండాల జంట, మరి కాస్త చిన్నవైన అంటార్కిటికా, ఆస్ట్రేలియాలు ద్వీపాల్లా ఉన్నాయి.

ఈ బృహత్ సముద్రానికి చెందిన గణాంక సమాచారం చూస్తే ఆశ్చర్యం కలుగుతుంది. దాని మొత్తం వైశాల్యం 140 మిలియన్ చదరపు మైళ్ళు. భూమి ఉపరితలం మీద 71% సముద్రమే ఉంటుంది. దాని సగటు లోతు 2.3 మైళ్ళు అనుకుంటే, దాని ఆయతనం (volume) 326 మిలియన్ ఘనపు మైళ్ళు అవుతుంది. అంటే మొత్తం భూగోళ ఆయతనంలో 0.15% అన్నమాట. భూమి మీద ఉన్న మొత్తం నీటిలో 97.2% సముద్రంలోనే ఉంది. అందులో నుంచి ఏటా 80,000 ఘనపు మైళ్ళ నీరు ఆవిరై వర్షంగాను, మంచుగాను భూమి మీద కురిసి శుద్ధ జలాలని అందిస్తుంది. అలాంటి వర్షపాతం వల్ల ఖండాల అడుగున 220,000 ఘనపు మైళ్ళ మంచి నీరు దాగి ఉంది. ఇది కాకుండా మంచినీటి సరస్సుల, నదుల రూపంలో 30,000 ఘనపు మైళ్ళ మంచి నీరు ఉంది.

భూమి మీద జీవనానికి సముద్రానికి చాలా దగ్గర సంబంధం ఉంది. మొట్టమొదటి జీవజాతులు సముద్రంలోనుంచే పుట్టుకొచ్చాయని చెప్పడానికి బలమైన ఆధారాలు ఉన్నాయి. కేవలం పరిమాణం బట్టి చూసినా కూడా నేల మీద కన్నా సముద్రంలోనే ఎక్కువ జీవసంపద ఉండొచ్చు. నేల మీద జీవసంపద అంతా ఉపరితలం నుండి కొన్ని అడుగుల లోతున్న పొరకే పరిమితమై ఉంటుంది. (అయితే ఆ సన్నని పొరని వదిలి విహంగాలు, విమానాలు అప్పుడప్పుడు గాల్లోకి లేస్తుంటాయన్న సంగతి మరిచిపోకూడదు!) కాని సముద్ర ప్రపంచంలో జీవరాశులు కొన్నిచోట్ల ఏడు మైళ్ళ లోతులో కూడా విస్తరించి ఉంటాయి.

కాని ఇటీవలి కాలం దాకా కూడా మనిషికి సముద్రం, ముఖ్యంగా సముద్రపు అట్టడుగు ప్రాంతం, ఒక అజ్ఞాత లోకంగానే ఉండేది. ఇప్పటికి కూడా శాస్త్రవేత్తలకి సముద్రపు నేల గురించి తెలిసినదాని కన్నా చందమామ

ఉపరితలం గురించి మరింత ఎక్కువ తెలుసు అంటే ఆశ్చర్యం లేదు.

ఆధునిక సముద్రోల్లేఖన శాస్త్రానికి (oceanography) పునాదులు వేసినవాడు మాథ్యూ ఫోంటేన్ మారీ అనే అమెరికన్ నౌకాదళాధికారి. ఈ వ్యక్తికి తన ముప్ఫైలలో జరిగిన ఒక ప్రమాదం వల్ల అవిటివాడు అయ్యాడు. ఆ సంఘటన వల్ల తనకి వ్యక్తిగతంగా కీడు జరిగినా, మానవాళికి మేలే జరిగింది. ఉన్నచోటి నుండి కదలకుండా చేసే ఉద్యోగం కోసం వెతుక్కున్నాడు. సముద్రపు పటాలు, కొలతలు తీసే పరికరాలు మొదలైన సామగ్రి ఉండే విభాగానికి యజమానిగా ఉద్యోగం దొరికింది. సముద్ర తరంగాల పటాలు గీసే పనిలోకి దిగాడు. ప్రత్యేకించి గల్ఫ్ ప్రవాహం (Gulf stream, ఇది గల్ఫ్ ఆఫ్ మెక్సికోలో మొదలై అట్లాంటిక్ సముద్రంలో ఉత్తర దిశగా ప్రవహించే ఒక ముఖ్యమైన ప్రవాహం) అధ్యయనానికి పూనుకున్నాడు. ఈ గల్ఫ్ ప్రవాహాన్ని 1769లోనే ప్రఖ్యాత అమెరికన్ పండితుడు బెంజిమిన్ ఫ్రాంక్లిన్ అధ్యయనం చేశాడు. ఆ ప్రవాహాన్ని వర్ణిస్తూ మారీ సముద్రంలో ఒక నది ప్రవహిస్తోంది అన్న మాటలు ఇప్పటికీ సముద్రోల్లేఖన శాస్త్రంలో ఒక శిలాశాసనంలా చెప్పుకుంటారు. అయితే నేల మీద ప్రవహించే ఏ నది కన్నా ఇది చాలా విశాలమైనది. ఒక సెకనులో ఇది మోసుకుపోయే నీరు మిస్సీసిప్పీ నదిలో ప్రవాహానికి వెయ్యి రెట్లు ఉంటుంది. ఆరంభంలో దాని వెడల్పు 50 మైళ్ళు, లోతు అర మైలు, వేగం గంటకి నాలుగు మైళ్ళు. అది మోసుకుపోయే వెచ్చని జలాల వల్ల అది చేరే గమ్యస్థానాలు కూడా వెచ్చనవుతాయి. అలాంటి ప్రాంతాల్లో స్పిట్జ్ బెర్గెన్ ద్వీపం ఒకటి!

మారీ సాధించిన విజయం మరొకటి కూడా ఉంది. సముద్రపు అధ్యయనంలో అంతర్జాతీయ సహకార అధ్యయనానికి అతడు నాంది పాడాడు. ఈ రంగంలో 1853లో బ్రసెల్స్ నగరంలో జరిగిన చారిత్రాత్మక సమావేశానికి ఇతడే మూల కర్త. 1855లో ఈ రంగంలో సముద్ర భౌతిక భౌగోళిక శాస్త్రం అన్న పేరుగల మొట్టమొదటి పాఠ్యపుస్తకాన్ని ప్రచురించాడు. అతడు చేసిన అసమాన కృషికి గౌరవంగా అమెరికా నౌకాదళ సదస్సు అతణ్ణి ఘనంగా సత్కరించింది.

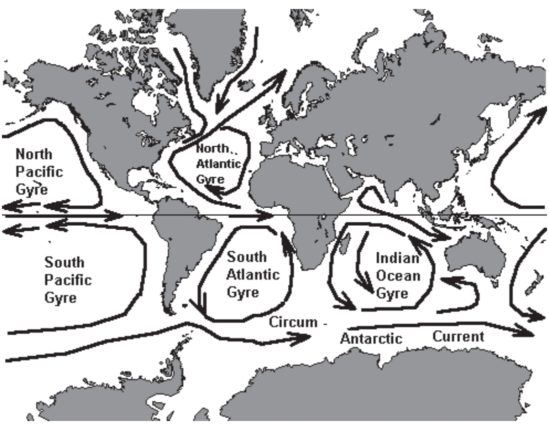
అలా మొదలైన సముద్ర తరంగాల అధ్యయనం ఘనంగా వెల్లివిరిసింది.

పరిశోధకులు సముద్ర తరంగాలని సవివరంగా మ్యాప్ చేశారు. వాటి గురించి ఎంతో సమాచారం బయటపడింది. ఉత్తర గోళార్థంలో ఈ సముద్ర తరంగాలు సవ్య దిశలో తిరుగుతాయి. అలాగే దక్షిణ గోళార్థంలో సముద్ర తరంగాలు అపసవ్య దిశలో తిరుగుతాయి. కోరియోలిస్ ప్రభావం వల్ల ఇలా జరుగుతుంది. భూమధ్య రేఖ వద్ద ఆ రేఖ వెంటే ప్రవహించే ప్రవాహం మీద ఈ కోరియోలిస్ ప్రభావం పనిచెయ్యదు. అలా సన్నగా సూటిగా సరళరేఖలో సాగే ఒక ప్రవాహాన్ని పసిఫిక్ మహాసముద్రంలో కనుక్కున్నారు. ఇది భూమధ్యరేఖ వెంటే తూర్పు దిశగా కొన్ని వేల మైళ్ళు ప్రవహిస్తుంది. దీన్ని కనుక్కున్న అమెరికన్ సముద్రోల్లేఖకుడు (oceanographer, సముద్రపు అంతరంగ రచనని పరిశోధించే వాడు) టౌన్సెండ్ క్రోమ్వెల్ పేరు మీద దీనికి క్రోమ్వెల్ అని పేరు పెట్టారు. కొంచెం మందగతిలో సాగే అలాంటి ప్రవాహం మరొకటి అట్లాంటిక్ మహాసముద్రంలో కనిపించింది. 1961లో దీన్ని అమెరికన్ సముద్రోల్లేఖకుడు ఆర్థర్ డి. ప్యూర్థివ్ కనుక్కున్నాడు.

పోగా పోగా ఈ సముద్రోల్లేఖకులు సముద్రపు పై పొరల్లోని ప్రవాహాలనే కాకుండా, సముద్రపు లోతుల్లోని ప్రవాహాలని కూడా అధ్యయనం చెయ్యడం మొదలుపెట్టారు. సముద్రపు లోతులు నిశ్చలంగా ఉండవని తెలిపే ఎన్నో సాక్ష్యాధారాలు బయటపడ్డాయి. మొదట మనం గమనించవలసినది ఏంటంటే సముద్రపు పైపొరల్లో ఉండే జీవరాశులు అక్కడ దొరికే ఫాస్ఫేట్లు, నైట్రేట్లు మొదలైన ఖనిజ పోషణని సేవిస్తాయి. ఆ జీవులు మృతి చెందాక సముద్రపు లోతుల్లోకి రాలిపోతూ ఆ ఖనిజాలని సముద్రపు లోతుల్లో వెదజల్లుతాయి. అలా సముద్రపు నేలపాలైన ఖనిజ సంపదని తిరిగి పైకి తెచ్చే ప్రసరణ యంత్రాంగం లేకపోతే సముద్రపు పైపొరలలో ఖనిజ సంపద తరిగిపోతూ వస్తుంది. మరో విషయం, సముద్రపు పైపొరల్లో గాలి నుండి పీల్చుకున్న ఆక్సిజన్, సరైన ప్రసరణ యంత్రాంగం లేకపోతే, లోతుల్లోకి చొచ్చుకుపోలేదు. కాని అగాధమైన జలనిధి అట్టడుగు వరకు కూడా ఆక్సిజన్ సమృద్ధిగా దొరుకుతుంది. దీన్ని బట్టి ఆక్సిజన్ సమృద్ధిగా గల ఉపరిజలాలు ఎలాగో లోనికి చొచ్చుకుపోగలుగుతున్నాయని అర్థమవుతుంది.

సముద్రపు ఉపరితలానికి, సముద్రగర్భానికి మధ్య ఉండే ఉష్ణోగ్రతా బేధమే సముద్రగర్భంలో జలాలని నిలువు రేఖ వెంట పైకి కిందకి అదిలిస్తుంది. ఉదాహరణకి ఆర్కిటిక్ ప్రాంతాల్లో సముద్రపు ఉపరిజలాలు చల్లబడి, బరువెక్కి లోపలికి మునుగుతాయి. అలా లోనికి మునిగిన నీరు సముద్రపు నేల మీద విస్తరిస్తుంది. ఈ విస్తరణ ఎంత మేరకు జరుగుతుందంటే ఉష్ణ ప్రాంతం (tropical region) లో కూడా సముద్రపు అట్టడుగున ఉండే జలాలు ఇంచుమించు నీరు గడ్డకట్టే ఉష్ణోగ్రతకి దగ్గరగా అతిశీతలంగా ఉంటాయి. అలా కిందికి దిగిన చల్లని నీరు ఇక పోయే దారిలేక తిరిగి ఉపరితలానికి తన్నుకు వస్తుంది. అలా పైకెగసిన నీరు తిరిగి వెచ్చనై ఆర్కిటిక్ దిశగా గాని, అంటార్కిటిక్ దిశగా గాని ప్రయాణించి తిరిగి అక్కడ సముద్రపు అడుక్కి చేరుతుంది. ఇలాంటి తరంగాల వల్ల అట్లాంటిక్ సముద్ర జలాలు సమూలంగా మధించబడతాయి. వెయ్యేళ్ళకొకసారి అందులోని జలాలు పూర్తిగా పునర్నవీకరించ బడతాయి. మరింత పెద్దదైన పసిఫిక్ సముద్రంలోని జలాలు రెండు వేల ఏళ్ళకొకసారి పూర్తిగా మారతాయి.

ఇంతవరకు మనం చెప్పుకున్న వర్ణన కన్నా వాస్తవం ఇంకా సంక్లిష్టంగా ఉంటుంది. దీనికి కారణం ఖండాల సరిహద్దులు సముద్ర తరంగ ప్రవాహానికి అడ్డుగోడల్లా పనిచెయ్యడమే. ఈ సమస్యని అధిగమించి ప్రవాహ మార్గాన్ని



సముద్ర తరంగాలు

కచ్చితంగా తెలుసుకునేందుకు సముద్రోల్లేఖకులు ఆక్సిజన్‌ని ఒక ట్రేసర్‌గా వాడడం మొదలుపెట్టారు. వెచ్చని నీరు కన్నా చల్లని నీరు మరింత ఎక్కువ ఆక్సిజన్‌ని పీల్చుకుంటుంది. కాబట్టి ఆర్కిటిక్ ఉపరిజలాలలో ఆక్సిజన్ సమృద్ధిగా ఉంటుంది. అది మునిగేటప్పుడు లోతుల్లో ఉండే జీవరాశులు ఆ ఆక్సిజన్‌ని కాజేస్తాయి కాబట్టి, లోతుకి పోతున్న కొద్దీ ఆక్సిజన్ క్రమంగా తగ్గిపోతుంది. కాబట్టి సముద్రపు లోతుల్లో అక్కడక్కడ ఆక్సిజన్ సాంద్రతని కొలిస్తే అక్కడి అంతర్వాహినులు ఎలా ప్రవహిస్తున్నాయో తెలుసుకోవచ్చు.

అలాంటి అధ్యయనాలలో అట్లాంటిక్ సముద్రంలో అంతర్వాహినిగా ప్రవహించే ఒక మహాప్రవాహం బయటపడింది. ఇది ఆర్కిటిక్ సముద్రం నుండి బయలుదేరి, గల్ఫ్ ప్రవాహానికి అడుగున, ఆ ప్రవాహానికి వ్యతిరేక దిశలో ప్రవహిస్తుంది. అలాగే అంటార్కిటికా సముద్రం నుండి కూడా మరో ప్రవాహం బయలుదేరి దక్షిణ అట్లాంటిక్ సముద్రం అడుగున మరో ప్రవాహం ప్రవహిస్తుంది. కాని పసిఫిక్ సముద్రంలోకి మాత్రం ఆర్కిటిక్ సముద్రం నుండి అలాంటి ప్రవాహం ఏమీ రాదు. ఎందుకంటే అలాంటి ప్రవాహం రావాలంటే చాలా ఇరుకైన బెరింగ్ జలసంధి (Bering strait) ద్వారానే రావాలి. కాబట్టి సముద్రపు లోతుల్లో సాగే అంతర్వాహినులు ఉత్తర పసిఫిక్ సముద్రంలో ఆగిపోతాయి. అందుకే అక్కడ సముద్రగర్భంలో ఆక్సిజన్ వెలితి కనిపిస్తుంది. అందుకే సముద్రాలలోకెల్లా అతి పెద్దదైన ఈ సముద్రంలో జీవరాశి కాస్త పలచగానే ఉంటుంది. నేల మీద ఎడార్లు ఉన్నట్టే, ఇవి సముద్రపు ఎడార్లు అన్నమాట. ఇంచుమించు నాలుగు పక్కల భూ దిగ్బంధంలో ఉన్న మధ్యధరా సముద్రంలో కూడా ఇదే పరిస్థితి. ఆక్సిజన్, తదితర పోషక పదార్థాల ప్రసరణ ఇక్కడ పలచగా ఉంటుంది.

1957లో బ్రిటిష్, అమెరికన్ సముద్రోల్లేఖన నిపుణులు సమిష్టిగా చేసిన అధ్యయనాలలో ఈ అంతర్వాహినుల గురించి మరింత ప్రత్యక్షమైన సాక్ష్యాధారాలు బయటపడ్డాయి. బ్రిటిష్ శాస్త్రవేత్త జాన్. సి. స్వాలో కనిపెట్టిన ఒక కొత్త సముద్రవాహనాన్ని ఈ పరిశోధకులు వినియోగించారు. ఈ వాహనం సముద్రం లోపల సరిగ్గా ఒక మైలు లోతులో స్థిరంగా నిలవగలదు. అందులో

పొట్టి శబ్ద తరంగాలని వెలువరించే పరికరం కూడా ఒకటి ఉంది. అంతర్వాహినులతో పాటు ఈ వాహనం కొట్టుకుపోతూ ఈ శబ్ద తరంగాలని పైకి ప్రసారం చేస్తుంది. అలా వచ్చిన సందేశాల సహాయంతో ఈ బృందం అట్లాంటిక్ సముద్రం పశ్చిమ తీరం వెంట ప్రవహించే అంతర్వాహిని మార్గాన్ని కచ్చితంగా తెలుసుకోగలిగింది.

నేల మీద బతికే మనకు సముద్రం గురించి ఇంత లోతుగా తెలుసుకోవాల్సిన అవసరం ఏముంది అంటారేమో. ప్రపంచ జనాభా పెరిగి పెరిగి, ఆహార వనరుల కోసం భవిష్యత్తులో మనం సముద్రాలని ఆశ్రయించినప్పుడు ఈ సమాచారం పనికొస్తుంది. నేల మీద సేద్యం చేయడానికి సమీప నదీజలాల గురించి, భూగర్భ జలాల గురించి, వర్షాపాతం గురించి తెలుసుకున్నట్టే, శాస్త్రీయంగా సముద్ర సేద్యం చెయ్యడానికి ఈ జీవపోషక సముద్ర ప్రవాహాల గురించి తెలుసుకోవాలి. ప్రస్తుతం మనం పండించే సాగరాహారపు (sea-food) పంట ఏడాదికి 55 మిలియన్ టన్నులు ఉంటుంది. ఈ సేద్యాన్ని మరింత సమర్ధవంతంగా, శాస్త్రీయంగా చేస్తే ఈ పంటని ఏడాదికి 200 మిలియన్ టన్నుల వరకు పెంచుకోవచ్చని అంచనా. శాస్త్రీయంగా చేస్తే సముద్రంలో జీవరాశులు పెద్దగా దెబ్బతినకుండా జాగ్రత్త పడే వీలుంది. (కాని అలాంటి పంటని పండించాలంటే మన సముద్రాలని కాపాడుకోవాలి. మనుషుల బాధ్యతారహిత చర్యల వల్ల సముద్రాలు కలుషితం కాకుండా చూసుకోవాలి. ముఖ్యంగా ఖండాల తీరాలకి సన్నిహిత సముద్ర భాగాలు కలుషితం కాకూడదు. ఎందుకంటే మనకి వచ్చే సాగహరాహారంలో అధిక భాగం ఈ ప్రాంతం నుండే వస్తుంది. కాని దూరదృష్టి లేకపోవడం వల్ల మన సముద్ర సేద్యంలో శాస్త్రీయత, సమర్థత కొరవడుతోంది. కాబట్టి భవిష్యత్తులో ఈ పంటని పెంచే మాట దేవుడెరుగు, ప్రస్తుత పరిమాణంలో పంట పండిస్తూ పోగలిగితే గొప్ప అన్నట్లుంది.)

సముద్రం మనకి ప్రసాదించే ముఖ్యమైన వనరు ఆహారం మాత్రమే కాదు. ఇంచుమించు ప్రతీ మూలకం సముద్ర జలాలలో సమృద్ధిగా ద్రావక రూపంలో ఉంది. 4 బిలియన్ టన్నుల యురేనియమ్, 300 మిలియన్ టన్నుల

వెండి, 4 మిలియన్ టన్నుల బంగారం సముద్రాలలో దాగి ఉన్నాయి. కాని వాటిని వెలికి తీయడం గొప్ప వ్యయప్రయాసలతో కూడుకున్న పని. కాని ప్రస్తుతం మెగ్నీషియమ్, బ్రోమిన్ మూలకాలని సముద్ర జలాల నుండి పారిశ్రామిక స్థాయిలో వెలికి తీస్తున్నారు. 1960ల చివరికల్లా ఏటా సముద్రం నుండి పైకి తీసే మెగ్నీషియమ్ విలువ 70 మిలియన్లు. ప్రపంచ వ్యాప్తంగా ఉత్పత్తి చెయ్యబడే బ్రోమిన్‌లో 75% సముద్రం నుండే వచ్చింది. అలాగే ఎండిపోయిన సముద్రపు నాచు నుండి అయొడిన్‌ని తియ్యడానికి వీలవుతుంది. మన సౌకర్యం కోసం అన్నట్టు సముద్రపు మొక్కలు నీటిలోని అయొడిన్‌ని పీల్చి తమలో దాచుకున్నాయి. అలా మొక్కల్లో నిలవ అయిన అయొడిన్‌ని మరింత తేలికగా వెలికి తీయడానికి వీలయ్యింది.

సముద్రం నుండి వెండి, బంగారాల వంటి విలువైన పదార్థాలే కాక ఎన్నో రకాల చిల్లర పదార్థాలు కూడా వెలికి తీస్తారు. ఉదాహరణకి అమెరికా దేశపు తీర సమీప సముద్రంలో ఏటా ఇంచుమించు 20 మిలియన్ టన్నుల బరువున్న ఆలుచిప్పలని వెలికి తీస్తారు. ఇందులోంచి సున్నం (limestone) తీయొచ్చు. ఇది కాకుండా 50 మిలియన్ ఘన గజాల పరిమాణంలో ఇసుక, కంకర వంటివి కూడా పైకి తీస్తారు.

బాగా లోతైన ప్రాంతాలలో ఉండే సముద్రపు నేల మీద చెల్లాచెదురుగా లోహపు కణికలు దొరుకుతుంటాయి. ఏ సొరచేప దంతమో, ఏ గులకరాయో కేంద్రంగా పనిచేయగా, దాని చుట్టూ లోహం సమృద్ధిగా ఉన్న పదార్థం పేరుకోగా ఈ కణికలు ఏర్పడతాయి. (ముత్యాలు కూడా ఇంచుమించు ఇలాగే ఏర్పడతాయి. ఆలుచిప్పలో ఒక ఇసక రేణువు కేంద్రంగా ఉంటూ, దాని చుట్టూ ఏర్పడే పదార్థమే ముత్యం.) సామాన్యంగా వీటిని మాంగనీస్ కణికలు అంటుంటారు. ఎందుకంటే వాటిలో ఎక్కువగా మాంగనీస్ మూలకమే ఉంటుంది. పసిఫిక్ సముద్రపు నేల మీద ఒక చదరపు మైలు సముద్రపు నేల మీద 31,000 టన్నుల లోహపు కణికలు ఉంటాయని అంచనా. ఈ కణికలని పెద్ద ఎత్తున సముద్రంలో నుంచి పైకి తియ్యడం తేలిక కాదు. పైగా వాటికి లోహపు పాలు కూడా అంత ఎక్కువ ఏమీ ఉండదు. కాబట్టి వాటి లోంచి లోహం వెలికి తీసే ప్రయత్నం అంత తెలివైన పని కాకపోవచ్చు. కాని ఈ కణికలలో 1 శాతం

నికెల్, 0.5 శాతం రాగి, 0.5 శాతం కోబాల్ట్ ఉంటాయి. అవి ఉండే శాతం తక్కువే అయినా ఈ విలువైన అంశాల కోసం ఆ కణికలని వెలికి తీసే ప్రయత్నం మంచిదేననిపిస్తుంది.

సముద్రంలోని ఖనిజాలు, జీవరాశులు మొదలైనవి మాత్రమే కాదు సముద్రంలో 97% ఉన్న నీరు కూడా విలువైనదే. భూమి మీద మంచినీటి కొరత నానాటికి పెరుగుతోంది. ఏదో ఒకనాటికి మంచినీటి కోసం సముద్ర జలాల మీద పెద్ద ఎత్తున ఆధారపడక తప్పదు. సముద్ర జలాలలోనుంచి లవణాలని వేరు చేసి మంచినీటిని తయారుచేసే ప్రక్రియని నిర్లవణీకరణ (desalination) అంటారు. ఇప్పటికే ప్రపంచ వ్యాప్తంగా 700 పైగా నిర్లవణీకరణ పరిశ్రమలు స్థాపించబడ్డాయి. ఇవి రోజుకి 30,000 గాలన్ల మంచి నీరు ఉత్పత్తి చేస్తున్నాయి. (ఇది 1970ల నాటి మాట. ప్రస్తుతం రోజుకి కొన్ని మిలియన్ల లీటర్ల మంచి నీటిని ఉత్పత్తి చెయ్యగల నిర్లవణీకరణ పరిశ్రమలు ఉన్నాయి.) ఏదేమైనా అలా సముద్ర జలాల నుండి తియ్యబడ్డ మంచినీరు, వర్షపు నీటి నుండి తీసిన మంచినీటి ముందు దిగదుడుపే. అయితే సాంకేతిక పరిజ్ఞానం మరింత వృద్ధి చెందినప్పుడు పరిస్థితులు మారవచ్చు.

పందొమ్మిదవ శతాబ్దంలోనే మానవుడు మొట్టమొదటిసారిగా సముద్రపు లోతులని శోధించడం మొదలుపెట్టాడు. కేవలం తెలుసుకోవాలన్న కుతూహలమే అంతవరకు ఈ శోధనకి ప్రేరణగా ఉండేది. కాని ఒక దశలో అలాంటి శోధనకి కొన్ని లౌకిక ప్రయోజనాలు కూడా ఉన్నాయని తెలిసింది. అట్లాంటిక్ సముద్రపు నేల మీదగా టెలిఫోన్ వైర్లు వెయ్యాలన్న ఆలోచన వచ్చాక సముద్రపు నేల గురించిన పరిశోధన వేగం పుంజుకుంది. ఈ తీగలు వేసేందుకే 1850లో మారీ అట్లాంటిక్ సముద్రపు నేలకి సంబంధించిన మ్యాపులు తయారుచేశాడు. ఎన్నో ఒడిదుడుకులని ఎదుర్కొని, ఎన్నో విఘ్నాలని అధిగమించి ఈ ప్రయత్నం పూర్తి కావడానికి పదిహేనేళ్ళు పట్టింది. అమెరికాకి చెందిన సైరస్ వెస్ట్ ఫీల్డ్ అనే ధనికుడి ప్రోద్బలం వల్ల, మొండి పట్టుదల వల్ల ఈ ప్రయత్నం విజయవంతంగా పూర్తయ్యింది. కాని పాపం అతడు మాత్రం ఈ ప్రయత్నంలో తన ఆస్తిలో ఎంతో భాగం కోల్పోయాడు.

1870లలో బ్రిటిష్ నౌక చాలెంజర్ ప్రపంచ వ్యాప్తంగా చేసిన పర్యటనలో

మొట్టమొదటిసారిగా సముద్రపు నేల క్రమబద్ధమైన పరిశీలన సాధ్యమయ్యింది. సముద్రపు లోతులు కొలవడానికి చాలెంజర్ వాడిన సాధనం అత్యంత సరళమైన, సామాన్యమైన, కాస్త మోటైన పద్ధతి. ఒక నాలుగు మైళ్ళ తాడుకి చివర బరువు కట్టి నీటిలోకి వదలడమే ఆ పద్ధతి! బరువు నేలకి తగిలాక పైన ఎంత తాడు మిగిలి ఉందో తెలిస్తే దాని బట్టి అక్కడ నీటి లోతు తెలుసుకోవచ్చు. ఆ విధంగా 360 స్థానాలలో నీటి లోతు తెలుసుకున్నారు. ఈ పద్ధతి గొప్ప ప్రయాసతో కూడుకున్నది మాత్రమే కాదు, అందులో నిర్దుష్టత కూడా తక్కువే. 1922లో సముద్రపు నేల శోధనలో ఒక విప్లవం వచ్చింది. శబ్ద తరంగాల వల్ల పుట్టే ప్రతిధ్వనుల సహాయంతో లోతు తెలుసుకునే పద్ధతి కనిపెట్టారు. ఈ పద్ధతి ఎలా పని చేస్తుందో చెప్పాలంటే శబ్ద తరంగాల గురించి కొంచెం చెప్పుకోవాలి.

శబ్దం – దాని లక్షణాలు

యాంత్రిక ప్రకంపనలు పదార్థంలో దైర్ఘ్య తరంగాలని (longitudinal waves) పుట్టిస్తాయి. ఆ తరంగాలనే మనం శబ్ద తరంగాలుగా గ్రహిస్తాం, వింటాం. తరంగదైర్ఘ్యం (wavelength) బట్టి శబ్ద తరంగ శ్రుతి ఆధారపడుతుంది. మన చెవులు వినగలిగే అత్యంత పొడవైన శబ్ద తరంగాల తరంగ దైర్ఘ్యం 22 మీటర్లు. దాని పౌనఃపున్యం (frequency) 15 cycles/sec. సగటు మనిషి వినగలిగే అత్యంత కీచైన శబ్దం తరంగదైర్ఘ్యం 2.2 సెంటీమీటర్లు అయితే, దాని పౌనఃపున్యం 15,000 cycles/sec. (చిన్న పిల్లలకి మరి కొంచెం ఎక్కువ కీచైన శబ్దాలు వినిపిస్తాయి.)

గాలిలో శబ్దం ఎంతవరకు గ్రహించబడుతుంది అన్నది ఆ శబ్దం తరంగదైర్ఘ్యం మీద ఆధారపడుతుంది. తరంగదైర్ఘ్యం పెరుగుతున్న కొద్దీ శబ్దం గాలిలో తక్కువ గ్రహించబడుతుంది. అందుకే కొమ్ము బూరల శబ్దాలు ఎక్కువ దూరం వినిపిస్తాయి (వాటి తరంగదైర్ఘ్యం ఎక్కువ, పౌనఃపున్యం తక్కువ). 'క్వీన్ మేరీ' అని ఒక పెద్ద బ్రిటిష్ నౌక ఉండేది. దాని హార్న్ పౌనఃపున్యం 27 cycles/sec. అంటే ఒక పియానోలో వాయించదగ్గ కనిష్ట పౌనఃపున్యం. 10 మైళ్ళ దూరంలో కూడా ఆ శబ్దం చెవులకి వినిపించేదట. ఇక సాధనాల

సహాయంతో ఆ శబ్దాన్ని 100–150 మైళ్ళ దూరంలో కూడా వినవచ్చుట.

మన చెవులకి వినిపించే శబ్దాల కన్నా తక్కువ శ్రుతి ఉన్న శబ్దాలు ఉంటాయి. వీటినే పరశ్రావ్యధ్వనులు (infrasonic sounds) అంటారు. అగ్నిపర్వతాలు, భూకంపాలు మొదలైన వాటి నుండి పుట్టే శబ్దాలు ఈ కోవకి చెందినవి. అలాంటి ధ్వనులు భూమి ద్వారా పూర్తిగా గ్రహించబడకుండా పలు మార్లు భూమి చుట్టూ ప్రదక్షిణ చేసి రాగలవు.

శబ్దం ఒక అవరోధాన్ని ఢీకొని ఎంత సమర్థవంతంగా పరావర్తనం (reflect) చెంది తిరిగి రాగలదు అన్నది కూడా దాని తరంగదైర్ఘ్యం మీద ఆధారపడుతుంది. కాని ఇక్కడ తరంగదైర్ఘ్యం ఎంత తక్కువ అయితే అంత బాగా ఆ తరంగం పరావర్తనం చెందుతుంది. అంటే కీచు శబ్దాలు బాగా పరావర్తనం చెందుతాయి అన్నమాట. ఇక మన చెవి వినగలిగే అత్యంత కీచైన శబ్దాలకన్నా కీచైన శబ్దాలు అయితే ఇంకా బాగా పరావర్తనం చెందుతాయి. మనం వినగలిగే కీచు శబ్దాల కన్నా కొన్ని జంతువులు కీచు శబ్దాలు వినగలుగుతాయి. ఈ సామర్థ్యాన్ని కొన్ని జంతువులు అద్భుతంగా వాడుకుంటాయి. ఉదాహరణకి గబ్బిలాలు తమ కూతల సహాయంతో దారి తెలుసుకోగలుగుతాయి. ఈ కూతల పౌనఃపున్యం 130,000 cycles/sec దాకా కూడా ఉంటుంది. అంత హెచ్చు పౌనఃపున్యం గల శబ్దాలు మనుషుల చెవులకి వినిపించవు. వాటిని అతి శ్రావ్య (ultrasound) ధ్వనులు అని లేదా అతిధ్వనులు అని అంటారు. చుట్టూ ఉన్న అవరోధాలని ఈ ధ్వనులు ఢీకొని, పరావర్తనం చెంది తిరిగి వచ్చినప్పుడు శబ్ద తీవ్రత బట్టి అవరోధాలు ఎంత దూరంలో ఉన్నాయో తెలుసుకోవచ్చు. శబ్దం తీవ్రంగా ఉంటే అవరోధం దగ్గర్లోనే ఉందన్నమాట. గబ్బిలం ఆ విధంగా దానికి ఆహారం కాదగ్గ పురుగుపుట్ర ఎంత దూరంలో ఉన్నాయో తెలుసుకుంటుంది. అది గాల్లో ఎగురుతున్నప్పుడు తన దారికి అడ్డుగా ఉండే చెట్లుచేమల ఉనికిని కూడా అదే విధంగా శబ్దాలని ఉపయోగించి తెలుసుకుంటుంది. అందుకే గబ్బిలాలు కళ్ళు లేకపోయినా చక్కగా ఎగరగలవు. కాని వినలేకపోతే ససేమిరా ఎగరలేవు. (చాలా కాలం క్రితమే 1973లో ఈ సత్యాన్ని గమనించిన ఇటాలియన్ జీవశాస్త్రవేత్త లత్సారో

స్పల్లాంత్సానీ గబ్బిలాలు కళ్ళతో కాకుండా చెవులతో చూస్తాయా అని ఆశ్చర్యపోయాడు. ఒక విధంగా అది నిజమే మరి!)

పార్పాయిస్ అనే రకం చేపలు, గొచారో అనే రకం పక్షులు (ఇవి వెనీజులా దేశానికి చెందిన పక్షులు, ఎక్కువగా గుహలలో నివసిస్తాయి) ఈ విధంగా ప్రతిధ్వని దూర నిర్ణయం (echolocation) చెయ్యగల సామర్థ్యం కలిగి ఉంటాయి. ఇవి తెలుసుకోగోరే అవరోధాలు కాస్త పెద్దవి కాబట్టి ఇవి వాడే శబ్దాల పౌనఃపున్యం కాస్త ఎక్కువ అయినా ఫరవాలేదు. అందుకే వాటి శబ్దాలు మన వినదగ్గ శబ్దాల స్థాయిలో ఉంటాయి. (పెద్ద మెదళ్ళు గల పార్పాయిస్‌లు, డాల్ఫిన్‌లు మొదలైన చేపలు వెలువరించే శబ్దాలలో ఎంతో సమాచారం ఉందేమో, వాటికి మాట్లాడడం వచ్చేమోనని అభిప్రాయపడే వారు ఉన్నారు. ఈ రంగంలో ఎంతో పరిశోధన జరుగుతోంది.)

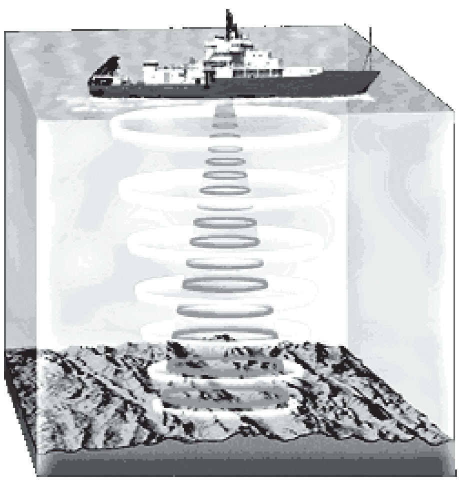
ఈ అతిశ్రావ్య ధ్వనులని మానవ ప్రయోజనాల కోసం వాడుకోవాలంటే వాటిని ముందు ఉత్పత్తి చెయ్యాలి. వీటిని ఉపయోగించి పనిచేసే ఒక చిన్న సాధనం – కుక్క విజిల్. దీన్ని మొట్టమొదట 1883లో తయారుచేశారు. అతిశ్రావ్య ధ్వనులని వెలువరించే ఈ విజిల్ శబ్దాలు కుక్కలకి వినిపిస్తాయి కాని మనుషులకి వినిపించవు.

ఈ ధ్వనులతో మరిన్ని ప్రయోజనాలకి అవకాశం కల్పించినవాడు ఫ్రెంచ్ రసాయనశాస్త్రవేత్త పియర్ క్యూరీ, అతడి సోదరుడు జూక్ క్యూరీ. 1880లో వీళ్ళు భౌతిక శాస్త్రానికి చెందిన ఒక కొత్త ప్రభావాన్ని కనుక్కున్నారు. కొన్ని రకాల స్ఫటికాల మీద పీడనాన్ని ప్రయోగిస్తే ఆ స్ఫటికాలలో విద్యుత్తు పుడుతుంది. ఈ ప్రభావాన్నే పీజోఎలెక్ట్రిసిటీ (piezoelectricity) అంటారు. ఈ ప్రభావం వ్యతిరేక దిశలో కూడా పని చేస్తుంది. అంటే ఆ స్ఫటిక మీద విద్యుత్తు ప్రయోగిస్తే దాని మీద ఏదో శక్తి అదుముతున్నట్టు కొద్దిగా సంకోచిస్తుంది. దీన్నే ఎలెక్ట్రోస్ట్రిక్షన్ (electrostriction) అంటారు. కాబట్టి ఈ స్ఫటికలలోకి మారే విద్యుత్తు ప్రవాహాన్ని పంపిస్తే, స్ఫటికలు వేగంగా కంపిస్తూ అతిశ్రావ్యధ్వనులని వెలువరిస్తాయి. ఈ ప్రభావాన్ని మొట్టమొదట 1917లో పాల్ లాంగెవిన్ అనే ఫ్రెంచ్ భౌతికశాస్త్రవేత్త సాధించాడు. చక్కగా పరావర్తనం చెందే ఈ ధ్వనుల

లక్షణాన్ని ఉపయోగించుకుని ఇతడు జలాంతర్గామి (submarine)లను కనుక్కునే పద్ధతి కనిపెట్టాడు. రెండవ ప్రపంచ యుద్ధ సమయంలో ఈ పద్ధతికి మరిన్ని మెరుగులు దిద్దీ దానికే సోనార్ (SONAR Sound Navigation and Ranging – (ranging అంటే దూరాన్ని కొలవడం అని అర్థం)) అని పేరు పెట్టారు.

సోనార్ రాకతో సముద్రం లోతులు కొలిచే పద్ధతిలో సమూలమైన మార్పులు వచ్చాయి. నీటిలోకి బరువు కట్టిన తాడు విసిరి లోతు కొలిచే మోటు పద్ధతులు మూలనపడ్డాయి. సముద్రం ఉపరితలం (మీద ఉన్న ఓడ) నుంచి పంపబడ్డ అతిశ్రావ్య ధ్వని, సముద్రపు నేలని చేరుకుని, అక్కడ పరావర్తనం చెంది, తిరిగి ఉపరితలాన్ని చేరడానికి పట్టే సమయాన్ని బట్టి సముద్రపు లోతు అంచనా వేయొచ్చు. ఈ ప్రక్రియలో మనం జాగ్రత్త పడవలసిన విషయం ఒక్కటే. మనకి పైన వినిపించే ధ్వని, మనం పంపిన సంకేతానికి ప్రతిధ్వనా, లేక ఏ డాల్ఫినో అరిచిన కేకా అన్న విషయం నిర్ధారించుకోవాలి. (చేపలు పట్టే పడవల్లో కూడా ఈ పరికరాన్ని వాడతారు.)

తాడు పద్ధతి కన్నా ఈ ప్రతిధ్వని పద్ధతి మరింత వేగంగా, సౌకర్యంగా ఉండడమే కాదు. తాడు సహాయంతో సముద్రంలో అక్కడక్కడ మాత్రమే లోతు కొలవడానికి వీలవుతుంది. కాని ప్రతిధ్వని సహాయంతో అవిచ్ఛిన్నంగా, నౌక



శబ్ద తరంగాల సహాయంతో సముద్రపు లోతు తెలుసుకునే పద్ధతి

నడిచిన దారి పొడవునా లోతు కొలుస్తూ పోవచ్చు. ఈ పద్ధతి సహాయంతో సముద్రోల్లేఖకులకి సముద్రం నేలని అవిచ్ఛిన్నంగా చిత్రించడానికి వీలయ్యింది. ఈ పరిశీలనలలో ఖండాల నేల కన్నా సముద్రపు నేల మరింత ఎగుడుదిగుడుగా ఉందని తేలింది. ఖండాల అంత విశాలమైన సమతలాలు నీటిలో దాగి ఉన్నాయి. సముద్రం లోతుల్లో ఉండే పర్వతాల ముందు నేల మీద ఉండే పర్వతాలు మరుగుజ్జులు. ఉదాహరణకి అమెరికాకి చెందిన హవాయి దీవి సముద్రపు నేల మీద నిలిచిన ఒక మహాపర్వతం. నీటి పైకి దాని శిఖరం మాత్రమే (ఒక దీవిలా) కనిపిస్తుంది. బహుశ ప్రపంచంలోకెల్లా ఇదే అత్యంత ఎత్తయిన పర్వతం కావచ్చు. అలాగే లెక్కలేనన్ని శంఖాకారపు కొండలు ఉన్నాయి. వీటిని సముద్రపు కొండలు (sea-mounts) లేదా guyotలు అని పిలుస్తారు. స్విస్-అమెరికన్ భౌగోళిక శాస్త్రవేత్త ఆర్నోల్డ్ హెన్రీ గుయో గౌరవార్థం వాటిని అలా పిలుస్తారు. 1848లో అమెరికాకి వలస పోయిన ఈ గుయో ఆధునిక భౌగోళిక శాస్త్రాన్ని అమెరికాకి తీసుకువెళ్ళాడు. రెండవ ప్రపంచ యుద్ధ సమయంలో మొట్టమొదటిసారిగా అమెరికన్ భౌగోళిక శాస్త్రవేత్త హారీ హామండ్ హెస్ సముద్రపు కొండలని కనుక్కున్నాడు. తన అన్వేషణలో పందొమ్మిది కొండల దాకా కనుక్కున్నాడు. కాని తదనంతరం జరిగిన మరింత విస్తృత అన్వేషణలో అలాంటి కొండలు కనీసం 10,000 అయినా ఉంటాయని తెలిసింది. వాటిలో అధిక శాతం పసిఫిక్ సముద్రంలోనే ఉన్నాయి. ఉత్తర పసిఫిక్ సముద్రంలో హవాయి దీవుల దగ్గరగా ఉన్న వేక్ దీవి (Wake island) కి కాస్త దక్షిణంగా 14,000 అడుగుల ఎత్తు ఉన్న సముద్రపు కొండను 1964లో కనుక్కున్నారు.

కొండలు కాకుండా సముద్రాలలో లోతైన అగాధాలు కూడా ఉన్నాయి. తరచు ద్వీపమాలికల (archipelagoes)కి దగ్గరగా ఉండే ఈ అగాధాల పూర్తి విస్తీర్ణత సముద్రపు నేల మొత్తం విస్తీర్ణతలో 1% ఉంటుంది. ఇది పెద్ద విశేషంగా అనిపించకపోవచ్చు కాని, ఆ విస్తీర్ణత విలువ మొత్తం అమెరికా దేశపు విస్తీర్ణతలో సగభాగం ఉంటుంది. ఆ అగాధాలలో పట్టే నీటి పరిమాణం ప్రపంచంలో మొత్తం నదులలో, సరస్సులలో పట్టే నీటి కన్నా పదిహేను రెట్లు ఎక్కువ. వాటిలో అత్యంత లోతైన అగాధాలు పసిఫిక్ సముద్రంలోనే ఉన్నాయి. ఫిలిపీన్ దీవులు, మారియానా దీవులు, క్యురిల్ దీవులు, సాలమన్ దీవులు, అల్యూటియన్

దీవులు మొదలైన దీవులకి సన్నిహితంగా ఉన్నాయి ఈ అగాధాలు. అట్లాంటిక్‌లో వెస్ట్ ఇండీస్ దీవులకి దగ్గరగాను, దక్షిణ అట్లాంటిక్ సముద్రంలో ఉన్న దక్షిణ సాండ్విచ్ దీవుల దగ్గరగాను, అలాగే హిందూ మహాసముద్రంలో ఉండే ద్వీపమాలిక దగ్గరగాను గొప్ప సముద్రపు అగాధాలు ఉన్నాయి.

ఈ అగాధాలు కాకుండా సముద్రోల్లేఖకులు (oceangraphers) సముద్రాల్లో గొప్ప లోయలని కూడా కనుక్కున్నారు. చూడడానికి ఇవి కొన్నిసార్లు ప్రవహించే నదులు కోసే బాటల్లా ఉంటాయి. ఇంకా కొన్ని ప్రత్యేక సందర్భాల్లో అయితే ఇవి నేల మీద ప్రవహించే నదులని సముద్రపు లోతులకి పొడిగించనట్టు ఉంటాయి. అమెరికాలోని హడ్సన్ నది అట్లాంటిక్‌లోకి ప్రవేశించే చోట నదీ ప్రవాహం చేసిన ఒక పెద్ద గొయ్యి (gouge) ఉంటుంది. ఇక బంగాళాఖాతంలో అలాంటి పెద్ద పెద్ద గోతులు కనీసం ఇరవై అయినా ఉంటాయి. ఈ గోతులు ఒకప్పుడు, సముద్రాలు మరింత తక్కువగా ఉన్న సదూర గతంలో, నేల మీది నదీవేదికలు అని ఊహించుకుంటే సమంజసంగానే అనిపిస్తుంది. కాని ఈ సముద్రపు అగాధాల్లో కొన్ని ప్రస్తుత సముద్రపు మట్టంతో పోలిస్తే ఎంత లోతుకి ఉన్నాయంటే, ఒకప్పుడు సముద్రం అంత దిగువకి ఉందని ఊహించుకోవడం కష్టం.

కాబట్టి ఇటీవలి కాలంలో మారిస్ ఎవింగ్, బ్రూస్ సి. హీజెన్ అనే ఇద్దరు సముద్రోల్లేఖకులు మరో కొత్త సిద్ధాంతాన్ని ప్రతిపాదించారు. నదులు సముద్రంలో కలిసే చోట మట్టి కలిసిన నదీప్రవాహం బాగా సంక్షోభంగా ఉండడంతో, సెకనుకి అరవై మైళ్ళ వేగాన్ని మించిన ఆ ఉద్ధృత ప్రవాహం ఖండాల అంచుల వాలు నేల (continental slopes) మీద కోసిన కోతల వల్ల ఏర్పడ్డవే ఈ సముద్రపు అగాధాలు అంటారు వీళ్ళు. 1929లో అమెరికాలోని న్యూఫౌండ్ లాండ్ సమీపంలో జరిగిన భూకంపంలో అలాంటి సంక్షుభిత ప్రవాహం ఒకటి పుట్టుకొచ్చింది. కరెంటు తీగలని, చెట్లని పెళ్ళగించి, ఇళ్ళని కూల్చి ఆ ప్రవాహం ఆ సమయంలో నానా భీభత్సం చేసింది.

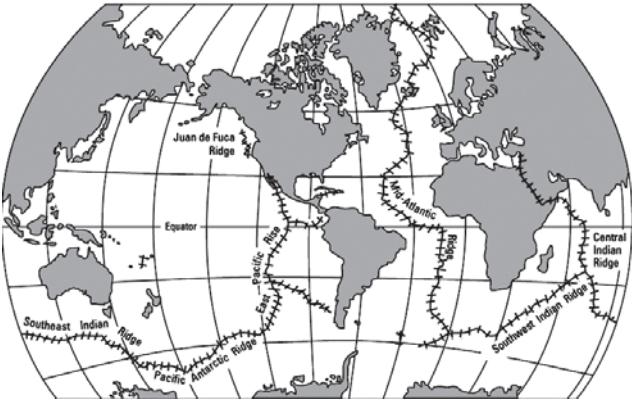
1853లో సముద్రపు నేల గురించిన ఒక అతి ముఖ్యమైన సత్యం బయటపడింది. ఆ సమయంలోనే అట్లాంటిక్ సముద్రం కింద టెలిఫోన్ కేబుళ్ళు వేసే ప్రాజెక్ట్ మొదలయ్యింది. ప్రాజెక్ట్ మొదలవ్వక ముందే సముద్రపు లోతు

గురించి వివరంగా తెలుసుకున్నారు. అట్లాంటిక్ సముద్రపు నడి మధ్యలో, సముద్రం అట్టడుగున ఒక విశాలమైన పీఠభూమి ఉన్నట్టు ఆ కొలతల్లో తెలిసింది. అట్లాంటిక్ సముద్రం లోతు అంచుల వద్ద కన్నా నడిమధ్యలో కొంచెం తక్కువ అని తేలింది.

తాడు విసిరి లోతు తెలుసుకునే పద్ధతిలో అక్కడక్కడ మాత్రమే లోతు తెలుసుకోవడానికి వీలవుతుంది. కాని 1922లో జర్మన్ సముద్రోల్లేఖన నౌక మీటియార్, సోనార్ సహాయంతో, అట్లాంటిక్ సముద్రపు లోతు గురించి విస్తృతంగా వివరాలు తెలుసుకుంది. 1925లో అట్లాంటిక్ అడుగున ఒక విశాలమైన పర్వతశ్రేణిని కనుక్కున్నారు. వాటిలో అత్యంత ఎత్తయిన శిఖరం సముద్ర మట్టానికి పైకి తన్నుకొచ్చి అజోర్స్ (Azores), అసెన్షన్ (Ascension), ట్రిస్టాన్ ద కున్హా (Tristan da Cunha) మొదలైన దీవులుగా బయటికి కనిపిస్తాయి.

తదనంతరం తీసుకున్న కొలతలలో ఈ పర్వతశ్రేణి అట్లాంటిక్‌కే పరిమితం కాదని తెలిసింది. దక్షిణ కొసలో అది ఆఫ్రికా చుట్టూ మలుపు తిరిగి పశ్చిమ హిందూ మహాసముద్రం అడుగు వెంట అరేబియా దిశగా విస్తరిస్తుంది. ఇండియన్ సముద్రం నడిమధ్యలో ఆ శ్రేణి రెండు శాఖలుగా విడిపోగా, ఒక శాఖ దక్షిణ ఆస్ట్రేలియా, న్యూజీలాండ్‌ల దిశగా విస్తరిస్తుంది. ఆ విధంగా మొదట మధ్య అట్లాంటిక్ పర్వతశ్రేణి (Mid-Atlantic range) అనుకున్నది మధ్య సముద్ర పర్వతశ్రేణి (Mid-oceanic range) గా పరిణమించింది. ఖండాల మీద అంటే నేల మీద ఉండే పర్వతశ్రేణులకి ఈ సముద్రపు లోతులకి చెందిన పర్వత శ్రేణులకి మధ్య ఒక ముఖ్యమైన తేడా ఉంది. ఖండాల మీద ఉండే ఎత్తైన ప్రాంతాలు మడతలు పడ్డ అవక్షేపక శిలలు (sedimentary rocks). కాని సముద్రపు పర్వత శ్రేణులు సముద్రపు నేల లోపల ఉండే విపరీతమైన పీడనం వల్ల పైకి తన్నుకొచ్చిన బేసాల్ట్ (basalt) పదార్థ ప్రతిరూపాలు.

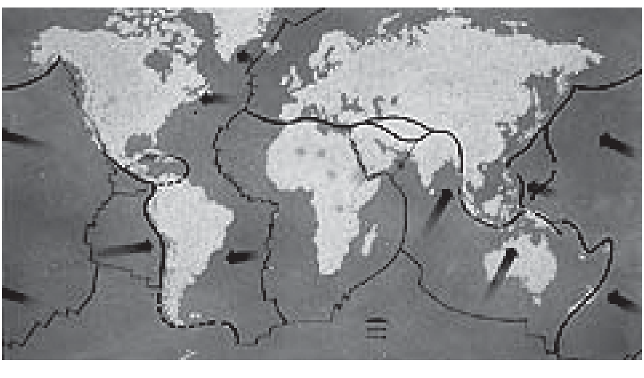
రెండవ ప్రపంచ యుద్ధం తరవాత ఎవింగ్, హీజెన్‌లు వినూత్న ఉత్సాహంతో సముద్రపు నేలని మరింత వివరంగా పరిశోధించారు. 1953లో జరిగిన పరిశోధనలలో మరో ఆశ్చర్యకరమైన విషయం బయటపడింది. సముద్రపు లోతుల్లో వేల మైళ్ళకొద్దీ విస్తరించే ఈ పర్వత శ్రేణికి మధ్యలో ఒక



సముద్ర గర్భంలో పర్వత శ్రేణులు

లోతైన అగాధం ఉంది. మధ్య సముద్ర పర్వతశ్రేణి అన్ని శాఖలలోను ఇలాంటి అగాధం ఉండడం వల్ల, ఈ అగాధాన్ని కొన్నిసార్లు మహా ధరావ్యాప్త చీలిక (Great Global Rift) అని పిలుస్తుంటారు. కొన్నిచోట్ల ఈ మహా చీలిక నేలకి చాలా సన్నిహితంగా వస్తుంది. ఆఫ్రికాకి, సౌదీ అరేబియాకి మధ్య ఉండే ఎర్ర సముద్రంలో కూడా ఇది విస్తరిస్తుంది. పసిఫిక్ కాలిఫోర్నియా ఖాతం (Gulf of California) లో కాలిఫోర్నియా తీరం వెంట కూడా ఇది విస్తరిస్తుంది.

మొదట్లో ఈ చీలిక భూమి పైపొర (crust) లో అవిచ్ఛిన్నంగా విస్తరించే 40,000 మైళ్ళ గాటు అని అనుకున్నారు. కాని ఇంకా జాగ్రత్తగా పరిశీలిస్తే అందులో సరళరేఖలో సాగే విభాగాల మధ్య హెచ్చుతగ్గులుగా ఉండే నేల



మహా ధరావ్యాప్త చీలిక (Great Global Rift**)**

ఉన్నట్టు తెలిసింది. అవిచ్ఛిన్నంగా ఉండే మార్గంలో భూకంపాల వల్ల విచ్ఛిన్నతలు ఏర్పడినట్టు ఉంటుంది. నిజానికి ఈ చీలిక సమీపంలోనే భూకంపాలు, అగ్నిపర్వత విస్ఫోటాలు తరచు సంభవిస్తూ ఉంటాయి.

భూగర్భంలో ఉండే కరిగిన శిల (మాగ్మా) పైకి తన్నుకు వచ్చేందుకు ఈ చీలిక ఒక బలహీన రేఖగా, ఒక అవకాశంగా పనిచేస్తుంది. అలా మళ్ళీ మళ్ళీ పైకెగసిన మాగ్మా సముద్రపు నేల మీద, చీలికకి ఇరుపక్కలా పొర్లి, విస్తరించి, చల్లబడి పర్వతశ్రేణిగా రూపొందుతుంది. అలా రూపొందే శ్రేణి చీలికకి ఇరుపక్కలకి సంవత్సరానికి 16 సెంటీమీటర్ల చొప్పున విస్తరిస్తుంది. ఈ లెక్కన మరో 100 మిలియన్ సంవత్సరాలలో పసిఫిక్ సముద్రపు నేల మీద మరో కొత్త పొర ఏర్పడుతుంది. అందుకేనేమో, సముద్రపు నేల నుండి వెలికి తీసిన శిల వయసు అరుదుగా 100 మిలియన్ సంవత్సరాలని మించి ఉంటుంది.

సముద్రపు నేలలోని ఈ మహాచీలిక, దాని శాఖలు భూమి పైపొరని (crust) ఆరు పెద్ద ఫలకాలు గాను, మరి కొన్ని చిన్న ఫలకాలు గాను విభజిస్తాయి. చీలిక ప్రాంతాల్లో నిరంతరం జరిగే చర్యల కారణంగా ఈ ఫలకాలు జరుగుతుంటాయి. ఫలకాల ఉపరితలం మీద పెద్దగా కదలికలు ఉండవు. కదలికలు ఎక్కువగా ఫలకాలు కలిసేచోట, ఈ చీలిక సమీపంలోనే జరుగుతాయి. ఈ ఫలకాల కదలికల మూలంగానే ఆదిలో మహాఖండంగా ఉండే పాంజియా బద్దలయ్యింది. అప్పటినుంచే ఖండాల చలనం మొదలయ్యింది. అలా వేరుపడ్డ ఖండాలు ఏదో ఒకనాడు తిరిగి ఒక్కటవుతాయి అని తెలిపే ఆధారాలేమీ లేవు. భూమి సుదీర్ఘ గతంలో ఇలాంటి పాంజియాలో ఎన్నో ఏర్పడి ఎన్నో సార్లు విడిపోయి ఉండొచ్చు. మనకి తెలిసినంత వరకు పాంజియా ఒక్కసారే విడిపోయింది. ఎందుకంటే అంతకన్నా పూర్వం ఏం జరిగిందో తెలిపే ఆధారాలు పెద్దగా లేవు.

ఈ ఖండ గమనం అనే భావనని సమ్మతిస్తే, భూమి పైపొర (crust) కి సంబంధించిన ఎన్నో విషయాలని మనం అర్థం చేసుకోవచ్చు. రెండు ఫలకాలు కలిసే చోట పైపొర మడతపడి పైకి కిందకి వంపు తిరుగుతుంది. ఆ విధంగా పర్వతాలు, వాటి వేళ్ళు ఏర్పడతాయి. గతంలో ఇండియా ఉన్న ఫలకం జరిగి జరిగి ఆసియా ఉన్న ఫలకంతో సంపర్కం పొందినప్పుడు హిమాలయాలు

ఏర్పడ్డాయి.

అట్లా కాకుండా రెండు ఫలకాలు ఒకదాన్నొకటి వేగంగా ఢీకొన్నప్పుడు భూమి పైపొర వంపు తిరగదు. ఒక పొర మరో పొర మీదగా కోసుకుంటూ ముందుకు చొచ్చుకుపోతుంది. అలాంటి పరిస్థితుల్లో లోతైన కందకాలు (trenches) గాని, ద్వీపమాలికలు గాని, అగ్నిపర్వతాలు గాని ఏర్పడతాయి. పసిఫిక్ మహాసముద్రంలో పశ్చిమ భాగంలో ఉండే కందకాలు, ద్వీపమాలికలు అలా ఏర్పడినవే.

సముద్రపు నేల విస్తరించడం వల్ల ఫలకాలు ఒకదాన్నుండి ఒకటి దూరంగా తోయబడతాయి. ఉదాహరణకి మహాచీలిక ఒక శాఖ ఐస్లాండ్‌లో పశ్చిమ భాగం ద్వారా పోతుంది. దాని ప్రభావం వల్ల ఐస్లాండ్ నెమ్మదిగా చీలుతోంది. అలాగే చీలిక పెరుగుతున్న మరో ప్రాంతం ఎర్ర సముద్రం. ఇది కాస్త కుర్ర సముద్రం. ఆఫ్రికా, అరేబియాల మధ్య చీలిక పెరగడం వల్లే ఈ సముద్రం ఏర్పడింది. (ఎర్ర సముద్రానికి ఇరుపక్కలా ఉండే తీరాల రూపురేఖలని కలిపి చూస్తే చక్కగా అమరిపోతాయి.) ఈ ప్రక్రియ ఇప్పటికీ కొనసాగుతోంది. అంటే ఎర్ర సముద్రం ఇప్పటికీ వర్ధమాన దశలో ఉన్న ఒక యువ సముద్రం అన్నమాట. ఇటీవల అంటే 1965లో సముద్రాన్ని గురించి రెండు ఆసక్తికరమైన విషయాలు బయటపడ్డాయి. ఈ సముద్ర గర్భంలో కొన్నిచోట్ల ఉష్ణోగ్రత 56 ^{0}C ఉందట. అలాగే అక్కడ ఉప్పు సాంద్రత మామూలుగా సముద్రంలో ఉండే స్థాయికి ఐదు రెట్లు ఎక్కువగా ఉందట. ఎర్ర సముద్రం అడుగున ఉన్న చీలికలో నుంచి నిరంతరం కొత్త పదార్థం పైకి తన్నుకు వస్తోంది అనడానికి ఈ సంఘటనలు ఆనవాళ్ళు.

చీలికకి సమీప ప్రాంతాల్లో జీవించే జనం జీవితాల మీద ఈ చీలికకి ఎంతో ప్రభావం ఉంటుంది. ఉదాహరణకి కాలిఫోర్నియాలో సాన్ ఆంద్రియాస్ దోషం (San Andreas fault) నిజానికి చీలికలో ఒక భాగం. 1906లో శాన్‌ఫ్రాన్సిస్కోలో వచ్చిన పెను భూకంపం దీని ప్రభావమే. 1964లో అలాస్కాలో వచ్చిన గుడ్ ఫ్రైడే భూకంపం దీని మహిమే.

సముద్రం లోతుల్లో సజీవ ప్రపంచం

సముద్ర గర్భం కోటానుకోట్ల జీవరాశులతో కిటకిటలాడుతూ ఉంటుంది.



సాన్ ఆండ్రియాస్ దోషం

పందొమ్మిదవ శతాబ్దపు చివరి వరకు కూడా సముద్రంలోని జీవరాశి సముద్రపు పైపొరలకే పరిమితం అనుకునేవారు. మధ్యధరా సముద్ర తీర ప్రాంతం పాశ్చాత్య సంస్కృతికి పుట్టినిల్లయినా, ఆ సముద్రపు లోతుల్లో మాత్రం జీవసమృద్ధి తక్కువగానే ఉంటుంది. సముద్ర ప్రమాణాలలో చూస్తే అదో ఎడారిలాంటిది. నీరు వెచ్చగా ఉంటుంది. ఆక్సిజన్ సాంద్రత కాస్త తక్కువగా ఉంటుంది. 1840లలోనే ఇంగ్లీష్ ప్రకృతి శాస్త్రవేత్త సముద్రంలో పావు మైలు లోతునుండి స్టార్ చేపలని వెలికి తీశాడు. 1860లలో మధ్యధరా సముద్రపు అట్టడుగు మీదగా వేయబడ్డ ఒక టెలిఫోన్ కేబుల్‌ని పైకి తీశారు. ఆ కేబుల్‌కి పగడాలు (corals) మొదలుకొని నానా రకాల జీవరాశులు అంటుకుని ఉండడం కనిపించింది.

1872లో, చార్లెస్ వైవిల్ థామ్సన్ అనే బ్రిటిష్ ప్రకృతి శాస్త్రవేత్త ఆధ్వర్యంలో, చాలెంజర్ అనే బ్రిటిష్ నౌక సముద్ర గర్భంలోని జీవసంపదని శోధించడం కోసం ఒక మహాయాత్ర మీద బయలుదేరింది. 69,000 మైళ్ళు

దూరం సాగిన ఆ యాత్రలో సముద్రం లోతుల్లో దాగి ఉన్న ఒక సజీవ ప్రపంచం బయటపడింది. సముద్రం లోతుల్లోని నీటిలోకమంతా భయంకర నిశ్శబ్దం నెలకొన్న నిర్జీవ ప్రపంచం అనుకుంటే పొరబాటే. హైడ్రోఫోన్ అనే ప్రత్యేక సాధనం సహాయంతో సముద్ర గర్భంలోని ప్రపంచం అంతా రక రకాల జీవధ్వనులతో మహా సందడిగా ఉంటుందని తెలిసింది.

రెండవ ప్రపంచ యుద్ధం తరవాత అగాధమైన జలనిధిని శోధించడానికి ఎన్నో పర్యాటక బృందాలు బయలుదేరాయి. 1951లో పసిఫిక్ మహాసముద్రంలో పశ్చిమ ప్రాంతంలోని మారియానాస్ కందకం (Marianas trench) ని కూడా చాలెంజర్ నౌక శోధించింది. భూమి పైపొర (crust)లో ఇది అత్యంత లోతైన గాటు ఇదేనని ఈ శోధనలో తేలింది. ఆ అత్యంత లోతైన స్థలాన్నే ఇప్పుడు చాలెంజర్ లోతు అంటారు. దాని లోతు 36,000 అడుగులు పైగా ఉంటుంది. అందులో ఎవరెస్ట్ పర్వతాన్ని ఉంచితే ఆ పర్వతం నెత్తిన ఒక మైలు మట్టం నీరు ఉంటుంది. సముద్రంలో అత్యంత లోతైన స్థానం నుండి బాక్టీరియాని చాలెంజర్ సేకరించుకు వచ్చింది. ఈ బాక్టీరియాకీ సముద్రం బయట నేల మీద బతికే బాక్టీరియాకీ మధ్య చాలా పోలికలు ఉన్నాయి గాని ఒక ముఖ్యమైన తేడా ఉంది. సముద్రపు లోతులకి చెందిన బాక్టీరియాలు వేయి వాతావరణాల పీడనం కన్నా తక్కువ పీడనం వద్ద బతకలేవు!

సముద్రపు అగాధాల్లో బతికే జలచరాలు అక్కడి విపరీతమైన పీడనానికి ఎంతగా అలవాటు పడిపోయాయంటే ఇక ఆ లోతుల నుండి పైకి పోలేని పరిస్థితిలో ఉన్నాయి. ఒక దీవి మీద నిర్బంధించబడ్డట్టు ఈ లోతులకి బందీలుగా ఉండిపోయాయి. పైన ఉన్న విశాల జలప్రపంచంతో సంబంధం లేకుండా ఆ లోతుల్లో ఒంటరి జీవితానికి అలవాటు పడ్డాయి. అలాంటి ప్రత్యేక పరిస్థితుల్లో సుదీర్ఘకాలం పరిణామం చెందుతూ వచ్చాయి. అయితే అక్కడి జీవాలకి, సముద్రంలో ఇతర ప్రాంతాల్లో ఉండే జీవాలకి మధ్య ఎన్నో పోలికలు కనిపిస్తాయి. అంటే లోతుల్లో వాటి ప్రత్యేక పరిణామం మరీ ఎక్కువ కాలంగా జరగలేదన్నమాట. లోతు తక్కువ ఉన్న ప్రాంతాల్లో వనరుల కోసం పోటీ ఎక్కువగా ఉండడం వల్ల కొన్ని జీవాలు మరింత లోతైన ప్రాంతాలకి తరలిపోయి

ఉండొచ్చు. అలాగే కొన్ని జీవాలు సముద్రంలో ఇంకా ఇంకా పై పొరల దిశగా తరలి క్రమంగా సముద్రంలోనుంచి బయటపడి నేల మీద అడుగుపెట్టి ఉండొచ్చు. మొదటి వర్గం జీవాలు అధిక పీడనానికి అలవాటు పడాల్సి ఉంటే, రెండవ వర్గం జీవాలు అసలు నీరే లేని పొడి నేలకి అలవాటు పడాల్సి ఉంటుంది. మొదటి రకం మార్పు కన్నా రెండవ రకం మార్పుకి అలవాటు పడడం కష్టం. కాబట్టి నిజంగా ఆలోచిస్తే సముద్రపు లోతుల్లో జీవరాశులు ఉన్నాయంటే పెద్దగా ఆశ్చర్యం లేదు.

ఏదేమైనా సముద్రంలో పైపొరలలో ఉన్నంత జీవసంపద లోతుల్లో ఉండదన్నది మాత్రం స్పష్టం. ఉదాహరణకి నాలుగున్నర మైళ్ళ లోతులో ఉండే జీవసంపద సాంద్రత, రెండు మైళ్ళ లోతులో ఉండే సాంద్రతలో పదో వంతు మాత్రమే ఉంటుంది. పైగా నాలుగున్నర మైళ్ళ కన్నా ఎక్కువ లోతులో మాంసాహార జీవాలు ఇంచుమించు లేవనే చెప్పాలి. ఎందుకంటే వాటికి ఆహారం కావడానికి తగినంత జీవసంపద అక్కడ దొరకదు. అక్కడ ఎలాంటి జీవపదార్థం దొరికినా దాన్ని భక్షించి బతుకుతుంటాయి. ఈ ప్రాంతంలో ఉండే జీవరాశుల పరిణామ చరిత్ర 200 మిలియన్ సంవత్సరాలకి మించి ఉండదు. డైనోసార్ల యుగంలోనే సముద్రం అట్టడుగు ప్రాంతాల్లో జీవసంపద విస్తరించింది అని అర్థమవుతుంది.

ఎందువల్లనో లోతుల్లోకి వలస పోయిన కొన్ని జీవాలు బతికాయి కాని పైపొరలకి వలస పోయిన వాటి బంధువులు సమసిపోయాయి. 1930లలో ఈ విషయం చాలా అద్భుతంగా నిరూపించబడింది. 1938లో డిసెంబర్ 25న దక్షిణ ఆఫ్రికా తీరం సమీపంలో ఒక చిన్న జాలరి పడవ ఐదు అడుగుల పొడవున్న ఒక విచిత్రమైన చేపని పట్టింది. ఆ చేప వాజం (fin) సూటిగా దాని శరీరానికి కాకుండా, రెండు మాంసపు ముద్దలకి అతుక్కుని ఉన్నాయి. దీన్ని పరీక్షించిన దక్షిణ ఆఫ్రికాకి చెందిన జీవశాస్త్రవేత్త జె.ఎల్.బి. స్మిత్ దాన్నొక చక్కని క్రిస్మస్ బహుమతిగా భావించాడు. 70 మిలియన్ సంవత్సరాల క్రితమే అంతరించిపోయిందని జీవశాస్త్రవేత్తలు భావించిన సీలకాంత్ అనబడే ఒక చేపజాతి అది. నేల మీద డైనోసార్లు మహర్దశకి చేరక ముందే అంతరించాయని

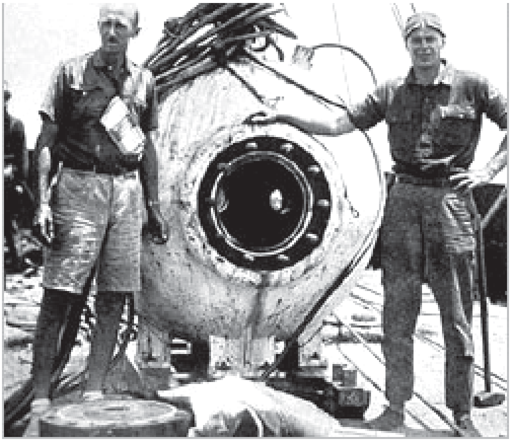
భావించిన చేప జాతి ఇది.

రెండవ ప్రపంచ యుద్ధం రావడంతో సీలకాంత్ చేపల వేట ఆగిపోయింది. కాని 1952లో మడగాస్కర్ తీరం వద్ద మరో కొత్త ఉపజాతికి చెందిన చేప దొరికింది. క్రమంగా అధిక సంఖ్యలో ఆ జాతికి చెందిన చేపలు దొరకసాగాయి. ఈ సీలకాంత్ చేత సముద్రపు లోతులకి అలవాటు పడ్డ చేప కాబట్టి దాన్ని పైకి తెస్తే ఎంతో కాలం బతకదు.

పరిణామ సిద్ధాంతకారులు ఈ చేప మీద ప్రత్యేక శ్రద్ధ వహించడానికి కారణం ఈ చేపనుండే మొట్టమొదటి ఉభయచరాలు ఆవిర్భవించడం. అంటే చేపల సంతతికి చెందిన మన పూర్వీకులలో ఈ చేప చిట్టచివరిది అన్నమాట!

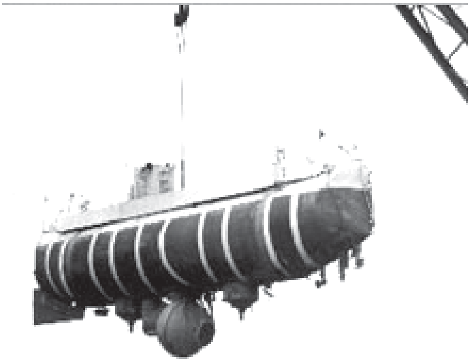
అంతరిక్షాన్ని శోధించడానికి ఏదో ఒక దశలో అక్కడికి మనుషులని పంపడం ఎలాగైతే అనివార్యమో, సముద్రాన్ని శోధించడానికి అక్కడకి మనుషులని పంపడం తప్పనిసరి అవుతుంది. సముద్రపు లోతుల్లో సంచరించడానికి అవసరమైన డైవింగ్ సూట్ మొట్టమొదట 1830లో ఆగస్టస్ సీబె అనే వ్యక్తి రూపొందించాడు. ఆధునిక కాలంలో డైవింగ్ సూట్‌ని తొడుక్కున్న డైవర్ మహా అయితే 300 అడుగుల లోతుకి పోగలడేమో. కాని 1934లో చార్లెస్ విలియం బీబె అనే శాస్త్రవేత్త తను నిర్మించిన బాథీస్ఫియర్ (bathy-sphere) లో సముద్రంలో 3000 అడుగుల లోతుకి పోగలిగాడు. దట్టమైన గోడలు ఉండి, ఆక్సిజన్ సరఫరా ఉండి, కార్బన్ డైఆక్సైడ్‌ని తొలగించే వీలు ఉన్న చిన్న జలాంతర్గామి ఇది. ఈ వాహనానికి తదనంతరం 1948లో చార్లెస్ బీబెకి స్నేహితుడైన ఓటిస్ బార్టన్ మరిన్ని మెరుగులు దిద్ది, ఆ కొత్త వాహనానికి బెంటోస్కోప్ (bentoscope) అని పేరు పెట్టాడు. ఈ కొత్త వాహనంలో అతగాడు 4,500 అడుగుల లోతుకి పోగలిగాడు.

ఈ బాథేస్ఫియర్ స్వయం చోదకశక్తి లేని ఒక జడ వాహనం. సముద్రం పైన తేలుతున్న ఓడ నుండి తాటితో ఈ వాహనాన్ని వేలాడదీస్తారు. ఆ తాడు తెగిందంటే ఇక అంతే సంగతులు! కాని సముద్ర గర్భంలో దానంతట అది కదిలే వాహనం కావాలి మనకు. అలా పని చెయ్యగల బాథీస్కాఫ్ (bathy-scaphe) అనే పేరుగల జలాంతర్గామిని 1947లో స్విస్ భౌతికశాస్త్రవేత్త ఆగస్త్



బాథేస్పియర్‌తో పాటు ఫోటో తీయించుకుంటున్న బీటె, బార్టన్‌లు

పికార్డ్ తయారుచేసాడు. సముద్ర గర్భంలో అధిక పీడనాలకి తట్టుకునేట్టుగా దీన్ని రూపొందించాడు. ఈ వాహనం నీటిలో మునగడానికి దాని బరువుని పెంచే ఇనుప కణికలు వాడతారు. అలాగే తిరిగి పైకి రావడానికి పెట్రోల్ బెలూన్‌ని వాడతారు. (పెట్రోల్ నీటి కన్నా తేలికైనది కాబట్టి పెట్రోల్ బెలూన్ వల్ల వాహనం తేలికపడుతుంది.) 1948లో పశ్చిమ ఆఫ్రికాలో డాకర్ అనే ఊరి సమీపంలో ఈ వాహనం మొట్ట మొదటిసారిగా పరీక్షింపబడింది. లోన మనుషులు లేకుండా జరిగిన ఈ పరీక్షలో వాహనం 4,500 అడుగుల లోతుకి దిగింది.



బాథీస్కాఫ్

తదనంతరం పికార్డ్ కొడుకు జాక్ మరింత మెరుగైన వాహనాన్ని నిర్మించాడు. ఆ వాహనానికి ట్రియస్ట్ అని పేరు పెట్టాడు. ఆ వాహనం నిర్మాణానికి నిధుల సహాయం చేసిన ట్రియస్తే స్వేచ్ఛా నగరానికి కృతజ్ఞతగా అలా పేరు పెట్టాడు. ఆ

వాహనాన్ని ఉపయోగించి 1953లో పికార్డ్ మధ్యధరా సముద్రంలో రెండున్నర వేల అడుగుల లోతుకి దిగాడు.

ట్రియస్తే వాహనాన్ని అమెరికా నౌకాదళం పరిశోధన కోసం కొనుగోలు చేసింది. 1960లో జనవరి 14న జాక్ పికార్డ్, డాన్ వాల్ష్ అనే ఒక నౌకాదళాధికారితో కలిసి ఆ వాహనంలో మారియానాస్ కందకం అట్టడుగు వరకు అంటే ఏడు మైళ్ళ లోతు వరకు దిగాడు. మనిషి సముద్రంలో అంత లోతుకి దిగడం అదే మొదలు. 1100 వాతావరణాల మహోగ్ర పీడనం ఉండే ఆ లోతులో వాళ్ళు నానా రకాల జలచరాలు, సముద్ర తరంగాలు కనుక్కున్నారు. నిజానికి వాళ్ళకి కనిపించిన మొట్టమొదటి జీవచరం ఒక సకశేరుకం (vertebrate) – అడుగు పొడవున్న, కళ్ళున్న ఒక చేప.

1964లో ఫ్రెంచ్ వారు తయారుచేసిన ఆర్కిమీద్ అనే బాథీస్కాఫ్ ప్యూర్టో రికో కందకం (Peurto Rico Trench) అట్టడుగు వరకు పది యాత్రలు చేసింది. ఈ కందకం లోతు 5.25 మైళ్ళు. అట్లాంటిక్ సముద్రంలోకెల్లా ఇదే అత్యంత లోతైన కందకం. ఇక్కడ కూడా సముద్రపు నేలలో ప్రతి చదరపు అడుగు జీవరాశితో తొణికిసలాడడమే కనిపించింది. మరో విశేషం ఏంటంటే అక్కడి నేల అంతా ఒక పెద్ద చదునైన పీటభూమిలా లేదు. అంచెలంచెలుగా విశాలమైన మెట్ల వరసలా ఏర్పాటై ఉంది.

ధృవ ప్రాంతాలు

భూమి ధృవ ప్రాంతాలు ఎంతో కాలంగా మానవ మేధస్సును ఆకట్టుకున్నాయి. మానవ చరిత్రలో అత్యంత సాహసోపేతమైన పర్వం ధృవ ప్రాంతాల అన్వేషణ, పర్యటన. అక్కడ కన్నుల విందు చేసే దృశ్యాలు, అలౌకిక పరిసరాలు మనిషి మనసును దోచుకున్నాయి. అరోరాలు అనే రమ్యమైన ఆకాశకాంతులు, అతిశీతల పరిస్థితులు, పృథ్వీ వాతావరణాన్ని నియంత్రిస్తూ మానవ భవితవ్యాన్ని నిర్ణయించే బృహత్తర హిమాశయాలు – ఇవీ భూమి ధృవాల విశేషాలు.

ధృవాల గురించి చూచాయగా ఎంతో కాలంగా తెలిసినా, ధృవాలని సందర్శించే ప్రయత్నం ఇటీవలి కాలంలోనే జరిగింది. క్రిస్టఫర్ కొలంబస్



అరోరా బోరియాలిస్

చేసిన అమెరికా ఖండాల ఆవిష్కరణతో భూమి నలుమూలలని పర్యటించాలనే ఉత్సాహం పెరిగింది.

ఉత్తర ధృవం

ఉత్తర అమెరికా ఖండానికి ఉత్తరంగా సముద్ర మార్గాలని కనుక్కోవాలనే ఉద్దేశంతో ఆర్కిటిక్ ధృవ ప్రాంతాన్ని మొట్టమొదటిసారిగా పర్యటించారు. హాలెండ్ రాజ్యంలో నియామకంలో ఉన్న బ్రిటిష్ నావికుడు హెన్రీ హడ్సన్ ఉత్తర ధృవం కోసం గాలిస్తూ బయలుదేరి ఆ ప్రయత్నంలో హడ్సన్ ఖాతం (Hudson Bay)ని కనుక్కున్నాడు. కాని దురదృష్టవశాత్తు ఆ యాత్రలోనే అతడి జీవన యాత్ర సమాప్తం అయ్యింది. మరో ఆరేళ్ళ తరవాత విలియం బఫిన్ అనే మరో ఇంగ్లీష్ నావికుడు ఉత్తర ధృవానికి ఇంచుమించు 800 మైళ్ళ దూరం వరకు ప్రయాణించగలిగాడు. ఇతడు కనుక్కున్న మరో ఖాతానికే బఫిన్ ఖాతం (Baphin Bay) అని పేరు వచ్చింది.

తదనంతరం 1848-1848 ప్రాంతాల్లో జాన్ ఫ్రాన్క్లిన్ అనే బ్రిటీష్ నావికుడు కెనడా ఉత్తర తీరం వెంట ప్రయాణించి వాయవ్య మార్గాన్ని



ఆర్కిటిక్ సముద్రం - పరిసర ప్రాంతాలు

కనుక్కున్నాడు. ఇతడు ఆ యాత్రలోనే మరణించాడు.

అప్పటినుంచి ఉత్తర ధృవాన్ని చేరే ప్రయత్నాలు ఒక అర్ధశతాబ్ద కాలం పాటు ముమ్మరంగా జరిగాయి. ఎలాగైనా ఉత్తర ధృవాన్ని ముందు చేరుకోవాలన్న పోటీయే ఆ ప్రయత్నాలకి ఊపిరి పోసింది. 1873లో ఆస్ట్రియాకి చెందిన జూలియస్ పేయర్, కార్ల్ వేప్రెక్ట్ అనే ఇద్దరు నావికులు ఉత్తర ధృవానికి 600 మైళ్ళ దూరం వరకు వెళ్ళగలిగారు. అక్కడ వాళ్ళు కనుక్కున్న ఒక ద్వీపమాలికకు ఆస్ట్రియన్ చక్రవర్తి గౌరవార్థం ఫ్రాన్స్ జోసెఫ్ లాండ్ అని పేరు పెట్టారు. 1896లో నార్వేకి చెందిన ఫ్రిడ్జఫ్ నాన్సెన్ అనే అన్వేషి ధృవానికి 300 మైళ్ళ దూరం వరకు పోగలిగాడు. చివరికి 1909లో ఏప్రిల్ 6న అమెరికన్ నావికుడు రాబర్ట్ ఎడ్విన్ పియరీ ఉత్తర ధృవాన్ని చేరుకోగలిగాడు.

ఇక వర్తమానంలో ఉత్తర ధృవానికి సంబంధించిన రహస్యాలేవీ మిగలలేదనే చెప్పాలి. మంచు మీద, గాలిలోను, నీటి అడుగున ఉత్తర ధృవ ప్రాంతాన్ని విస్తృతంగా పర్యటించారు. 1926లో రిచర్డ్ ఎవెలిన్ బర్డ్, ఫ్లాయిడ్ బెనెట్‌లు విమానంలో ధృవం మీదగా మొట్ట మొదటిసారిగా ఎగిరారు. ఉత్తర

ధృవం వద్ద నీటిలో జలాంతర్గాములు కూడా పర్యటించాయి.

ఉత్తర గోళార్ధంలో అతి పెద్ద హిమ ప్రాంతం గ్రీన్‌లాండ్ కేంద్రంగా విస్తరించి ఉంది. ఆ ప్రాంతాన్ని ఎన్నో వైజ్ఞానిక బృందాలు పర్యటించాయి. 840,000 చదరపు మైళ్ళ విస్తీర్ణత ఉన్న ఆ దీవిలో 640,000 చదరపు మైళ్ళ ప్రాంతం మంచుతో కప్పి ఉంది. కొన్ని చోట్ల ఆ మంచు పొర మందం 1 మైలు దాకా కూడా ఉండొచ్చని అంచనా.



రాబర్ట్ ఎడ్విన్ పియరీ

పేరుకున్న మంచు భారం పెరుగుతున్నకొద్దీ, మంచు ముక్కలు ముక్కలుగా విరిగి మంచుశిఖరులు (ice bergs) ఏర్పడతాయి. ఏటా ఉత్తర గోళార్ధంలో అలా 16,000 మంచు శిఖరులు ఏర్పడతాయని అంచనా. ఈ మంచు శిఖరులు నెమ్మదిగా దక్షిణంగా, ముఖ్యంగా పశ్చిమ అట్లాంటిక్ సముద్ర భాగం వెంట కొట్టుకొస్తాయి. ఉత్తర అమెరికా ఖండంలో తూర్పు కొస వద్ద ఉన్న న్యూ ఫౌండ్ లాండ్ ప్రాంతం ద్వారా ఏటా 400 మంచుశిఖరులు కొట్టుకొచ్చి సముద్ర రవాణా మార్గాలకి భంగం కలిగిస్తాయి. 1870-1890 మధ్య కాలంలో వీటి వల్ల 14 ఓడలు మునిగిపోయాయి. మరో 40 ఓడలు ఈ మంచుశిఖరులని ఢీకొని తీవ్రంగా దెబ్బ తిన్నాయి.

1912లో జరిగిన ఒక ఉపద్రవంతో ఈ ఒరవడి తారస్థాయిని చేరుకుంది. నౌకా చరిత్రలోనే సాటిలేనిది అని చెప్పుకునే టైటానిక్ మహానౌక ఆ ఏడాది తన మొదటి యాత్రలోనే ఒక మంచుశిఖరికి గుద్దుకుని నీట మునిగింది. అప్పటినుంచి ఈ జీవంలేని మంచు రాకాసుల కదలికలని కనిపెడుతూ అంతర్జాతీయ పర్యవేక్షణ, సహకారం మొదలయ్యాయి. ఈ మంచు గస్తీ మొదలైన

నాటినుండి మంచుశిఖరులని ఢీకొని ఒక్క ఓడ కూడా మునిగిపోలేదు.



మంచు శిఖరిని ఢీకొని మునిగిపోతున్న టైటానిక్ ఓడ

దక్షిణ ధృవం

ఇక దక్షిణ ధృవంలో ఖండం అంతా వ్యాపించిన హిమ ప్రాంతం ఉత్తరంలోని గ్రీన్‌లాండ్ కన్నా విశాలమైనది. అంటార్కిటిక్ హిమ ప్రాంతం వైశాల్యంలో గ్రీన్‌లాండ్ హిమానీనదం కన్నా 7 రెట్లు పెద్దది. అంటార్కిటిక్ మంచు పొర సగటు మందం 1.5 మైళ్ళు. కొన్ని చోట్ల మందం 3 మైళ్ళు కూడా ఉంటుంది. దీనికి కారణం అంటార్కిటికా ఖండం 5 మిలియన్ చదరపు మైళ్ళ విస్తీర్ణతే. అందులో ఎంత భాగం నేలో, ఎంత భాగం సముద్రం మీద వ్యాపించిన మంచుగడ్డో ఇప్పటికీ ఎవరికీ ఖచ్చితంగా తెలియదు. అసలు అంటార్కిటికా కొన్ని ద్వీపాల సముదాయం అని, వాటన్నిటినీ కప్పే మంచు వాటిని కలిపి ఉంచుతోందని ఎంతో మంది నమ్ముతున్నారు. కాని ప్రస్తుతానికి మాత్రం అంటార్కిటికా ఒక అఖండ ఖండం అన్న భావనదే పైచేయి అవుతోంది.

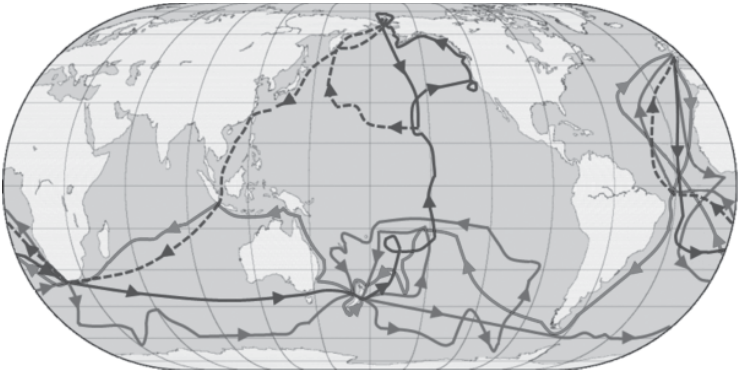
అంటార్కిటిక్ వృత్తాన్ని దాటిన మొట్టమొదటి యూరోపియన్ ఇంగ్లండ్‌కి చెందిన పేరు మోసిన నావికుడు జేమ్స్ కుక్ (ఈయన్నే కాప్టెన్ కుక్ అని కూడా పిలుస్తుంటారు). 1773లో ఇతడు అంటార్కిటిక్ ప్రాంతం అంతా ప్రదక్షిణ చేసివచ్చాడు. బహుశ ఈ మహా యాత్రే ఇంగ్లీష్ కవి సామ్యుయెల్ టెయిలర్ కోలెరిడ్జ్ 1798లో రాసిన 'The rime of the Ancient Mariner' అనే కవితకి స్ఫూర్తినిచ్చి ఉంటుంది. అతి విశాలమైన అంటార్కిటికా ప్రాంతం ద్వారా

అట్లాంటిక్ నుండి పసిఫిక్ సముద్రానికి చేసిన యాత్రే ఈ కవిత్వంలోని కథావస్తువు.

1819లో బ్రిటిష్ పర్యాటకుడు విలియమ్ స్మిత్ దక్షిణ షెట్లాండ్ దీవులని కనుక్కున్నాడు. ఇవి అంటార్కిటిక్ తీరానికి కేవలం 50 మైళ్ళ దూరంలో ఉన్నాయి.



కాప్టెన్ కుక్



1821లోఒక రష్యన్ పర్యాటక బృందం అంటార్కిటిక్ వృత్తం లోపలే ఒక కొత్త దీవిని కనుక్కుంది. (దీనికి పీటర్-I అని పేరు పెట్టారు). అదే సంవత్సరంలో ఇంగ్లీష్ నావికుడు జార్జ్ పోవెల్, అమెరికన్ నావికుడు నథానియల్ బి. పామర్‌లు కలిసి అంటార్కిటికాలో ఖండంలో భాగం అయిన ఒక ద్వీపకల్పాన్ని మొట్టమొదటిసారిగా చూశారు. దీనికే తరవాత పామర్ ద్వీపకల్పం (Palmer peninsula) అని పేరు వచ్చింది.

ఆ తరవాత వరసగా రెండు మూడు దశాబ్దాలు ఎంతో మంది పర్యాటకులు దక్షిణ ధృవం అన్వేషణకు పూనుకున్నారు. 1840లో చార్లెస్ విల్కిస్ అనే అమెరికన్ నౌకాదళాధికారి అంటార్కిటికా పరిసరాలలో అంతవరకు పర్యాటకులకి ఎదురైన దీవుల వెనక ఒక మహాఖండం ఉందని చాటాడు. అతడు చెప్పింది తరవాత నిజమయ్యింది. ఆ మహాఖండమే అంటార్కిటికా. జేమ్స్ వెడెల్ అనే ఇంగ్లీష్ నావికుడు పామర్ ద్వీపకల్పానికి తూర్పు తీరం వైపు ఉన్న సముద్రంలో ముందుకి సాగి దక్షిణ ధృవానికి 900 మైళ్ళ దూరం వరకు పోగలిగాడు. జేమ్స్ క్లార్క్ రాస్ అనే మరో బ్రిటిష్ నావికుడు అంటార్కిటికాకి మరింత దగ్గరగా తీసుకుపోయే మరో సముద్ర మార్గాన్ని కనుక్కున్నాడు. ఆ సముద్రాన్నే ప్రస్తుతం రాస్ సముద్రం అంటున్నాం. ఈ మార్గం వెంట దక్షిణ ధృవానికి 710 మైళ్ళ దూరానికి పోగలిగాడు. 1902-1904 ప్రాంతాల్లో రాబర్ట్ ఫాల్కన్ స్కాట్ అనే మరో బ్రిటిష్ నావికుడు రాస్ మంచు అర (Ross ice shelf) మీద ప్రయాణించి దక్షిణ ధృవానికి 500 మైళ్ళ దూరానికి పోగలిగాడు. తరవాత 1909లో షాకెల్టన్ అనే మరో ఇంగ్లీష్ నావికుడు ఆ మంచు ప్రాంతాన్ని దాటి ధృవానికి 100 మైళ్ళ వరకు పోగలిగాడు.



రాబర్ట్ ఫాల్కన్ స్కాట్

చివరికి 16 డిసెంబర్ 1911న లక్ష్యం నెర వేరింది. ఆ లక్ష్యాన్ని చేరుకున్న వాడు నార్వేజియన్ అన్వేషి రోవాల్డ్

అముండ్సెన్. మొదటిసారి విఫలుడైనా స్కాట్ మరోసారి దక్షిణ ధృవానికి పయన మయ్యాడు. అముండ్సెన్ ధృవాన్ని చేరుకున్న మూడు వారాల తరవాత స్కాట్ బృందం అక్కడికి చేరుకుంది. తమ కన్నా ముందే అముండ్సెన్ బృందం అక్కడ ఎగరేసిన జెండాని చూసి స్కాట్ బృందం నీరుగారి పోయింది. కాళ్ళీడ్చుకుంటూ వెనక్కి బయలు దేరిన స్కాట్ బృంద సభ్యులు మంచులో చిక్కుకుని ప్రాణాలు విడిచారు.



రోవాల్డ్ అముండ్సెన్

1920లలో విమానం ద్వారా అంటార్కిటికా విజయం పూర్తయ్యింది. ఆస్ట్రేలియాకి చెందిన జార్జ్ హ్యూబర్ట్ విల్కిన్స్ అనే అన్వేషి అంటార్కిటికా తీరం వెంట 1200 మైళ్ళు ఎగిరాడు. అలాగే 1929లో రిచర్డ్ ఎవెలిన్ బర్డ్ కూడా విమానంలో దక్షిణ ధృవం మీదగా ఎగిరాడు. అప్పటికే అమెరికా దేశం లిటిల్ అమెరికా–I అనే ఒక స్థావరాన్ని కూడా ఆ ఖండం మీద ఏర్పాటు చేసింది.

ఆధునిక యుగంలో ఉత్తర, దక్షిణ ధృవ ప్రాంతాలు గొప్ప అంతర్జాతీయ వైజ్ఞానిక పరిశోధనా లక్ష్యాలుగా పరిణమించాయి. అలాంటి అంతర్జాతీయ వైజ్ఞానిక సహకారం 1882–1883 కాలంలో మొదలయ్యింది. ఆ సంవత్సరాన్ని అంతర్జాతీయ ధృవ సంవత్సరంగా చాటి ఎన్నో దేశాలు ధృవాల సమష్టి పర్యటనలోను, పరిశోధనలోను పాల్గొన్నాయి. ఆ పరిశోధనల్లో ధృవాల వద్ద ప్రత్యేక ఆకర్షణలైన రంగురంగుల అరోరా బోరియాలిస్ ప్రదర్శనలని, భూమి అయస్కాంత క్షేత్రాన్ని, ఇలా ఎన్నో ఆసక్తికరమైన భౌతిక పరిస్థితులని సమష్టిగా పరిశోధించాయి. తరవాత 1932–1933 సంవత్సరాన్ని కూడా రెండవ అంతర్జాతీయ ధృవసంవత్సరంగా చాటారు. 1950లో అమెరికా దేశానికి చెందిన భౌగోళిక శాస్త్రవేత్త లాయిడ్ బెర్క్నర్ (మొట్టమొదటి బర్డ్ అంటార్కిటిక్ పర్యటనా బృందంలో ఇతడు పాల్గొన్నాడు) మూడవసారి అంతర్జాతీయ సంవత్సరాన్ని

ప్రకటిస్తే బావుంటుందని సూచించాడు. ఈ ప్రతిపాదనకి అంతర్జాతీయ సమష్టి వైజ్ఞానిక సదస్సు ఉత్సాహంగా స్పందించింది. ఈసారి శాస్త్రవేత్తలు అత్యంత శక్తివంతమైన అధునాతన వైజ్ఞానిక పరికరాలతో, తేలని చిక్కు ప్రశ్నలతో ధృవ యాత్రకి సిద్ధం అయ్యారు. కాస్మిక్ కిరణాల గురించి, వాతావరణంలో పైపొరల గురించి, సాగర గర్భం గురించి, అంతరిక్ష యాత్రల గురించి ఎన్నో ప్రశ్నల పరిశోధనకి పూనుకున్నారు. చివరికి ఒక అంతర్జాతీయ భూభౌతిక సంవత్సరం (International Geophysical Year, IGY) ప్రకటించబడింది. ఈ సారి జులై 1, 1857కి డిసెంబరు 31, 1858కి మధ్య కాలాన్ని ఎంచుకున్నారు. ఆ దశలో ప్రత్యేకించి సూర్యబిందువుల (sunspot)కి సంబంధించిన చర్యలు చాలా తీవ్రంగా ఉంటాయని ఆ కాలాన్ని ఎంచుకున్నారు.

ఈ బృహత్ ప్రయత్నంలో పలు దేశాలు వాటి శత్రుత్వాలని మరచి ఉత్సాహంగా పాల్గొన్నాయి. అమెరికా, రష్యా దేశాలు కూడా వాటి చిరకాల శత్రుత్వాన్ని పక్కన పెట్టి ఒక మహత్తర వైజ్ఞానిక లక్ష్యసాధనలో చెయ్యి కలిపాయి. సమాజం దృష్టిలో అంతర్జాతీయ భూభౌతిక సంవత్సరం వల్ల కలిగిన అతి ముఖ్యమైన ఫలితాలు అమెరికా, రష్యాలు పంపిన కృత్రిమ ఉపగ్రహాలు. కాని విజ్ఞాన పరంగా ఆ ఏడాది మరెన్నో చక్కని పరిణామాలు జరిగాయి. వాటిలో ఒకటి విస్తృతంగా జరిగిన అంతర్జాతీయ అంటార్కిటికా పర్యటన. అమెరికా దేశం అంటార్కిటికాలో ఏడు కేంద్రాలని స్థాపించింది. మంచు లోపలికి మైళ్ళ లోతుకి తవ్వి అక్కడ మంచులో చిక్కుకున్న గాలి బుడగలని (ఇవి కొన్ని మిలియన్ సంవత్సరాలకి పూర్వానివి అయ్యుండొచ్చు), బాక్టీరియా అవశేషాలని సేకరించింది. మంచు నేలలో కొన్ని వందల అడుగుల లోతు నుండి పైకి తీసిన బాక్టీరియా మళ్ళీ ప్రాణం పోసుకుని మామూలుగా ఎదిగాయి. జనవరి 1958లో సోవియెట్ బృందం అంటార్కిటికా ఖండంలో బాగా లోపలికి Pole of Inaccessibility అని ఒక స్థావరాన్ని ఏర్పాటు చేసింది. దక్షిణ ధృవం నుండి 600 మైళ్ళ దూరంలో ఉన్న స్థావరం వద్ద రికార్డు స్థాయిలో అతి తక్కువ ఉష్ణోగ్రతలు నమోదు అయ్యాయి. 1960 ఆగస్టు నెలలో, అంటార్కిటికాలో శీతాకాలం నడుస్తున్న సమయంలో కార్బన్ డయాక్సయిడ్ కూడా గడ్డ కట్టేటంత తక్కువ ఉష్ణోగ్రత -127^0C నమోదు అయ్యింది. ఆ తరవాతి దశాబ్దంలో

ఏడాది పొడవునా పని చేసే వైజ్ఞానిక స్థావరాలు డజన్లకొద్దీ అంటార్కిటికా మీద స్థాపించబడ్డాయి.

ఈ దశలోనే అంటార్కిటికా పర్యటనా చరిత్రలో ఒక కొత్త విజయం సాధించారు. వివియన్ ఎర్నెస్ట్ ఫుక్స్, ఎడ్మండ్ పర్సివల్ హిల్లరీల నేతృత్వంలో ఒక బ్రిటీష్ పర్యటనా బృందం చరిత్రలో మొదటి సారిగా అంటార్కిటికా ఖండాన్ని ఒక కొస నుండి అవతలి కొసకి దాటింది. (అయితే ఈ ప్రయత్నంలో వాళ్ళు ప్రత్యేక వాహనాలు, అధునాతన వైజ్ఞానిక సదుపాయాలు వాడుకున్నారన్న విషయం గమనించాలి.) ఎడ్మండ్ హిల్లరీ పేరు మనం మరో సందర్భంలో కూడా తలచుకుంటాం. టెన్సింగ్ నార్వే అనే షేర్పాతో కలిసి ఇతడు 1953లో ఎవరెస్ట్ శిఖరాన్ని జయించాడు.



ఎడ్మండ్ హిల్లరీ - టెన్సింగ్ నార్వే

IGY సాధించిన వైజ్ఞానిక విజయాల కారణంగా, ప్రపంచ దేశాలు తమ శత్రుత్వాన్ని విస్మరించి ప్రదర్శించిన సుహృద్భావం కారణంగా 1959లో పన్నెండు దేశాలు కలిసి ఒక ఒప్పందానికి వచ్చాయి. అంటార్కిటికా భూమిని సైనిక వ్యవహారాలకి దూరంగా ఉంచాలని ఆ ఒప్పంద సారాంశం. అప్పటి నుంచి అంటార్కిటికా కేవలం వైజ్ఞానిక, పర్యటనా వ్యవహారాలకి మాత్రమే వేదిక అయ్యింది.

హిమానీనదాలు (Glaciers)

భూమి మీద మంచుతో కప్పబడ్డ ప్రాంతం మొత్తం భూభాగంలో 10% ఉంటుంది. ఆ ప్రాంతంలో ఉన్న మంచు పరిమాణం 9 మిలియన్ ఘనపుమైళ్ళు. ఆ హిమంలో 86% అంటార్కిటిక్ ఖండ హిమానీనదంలో పోగై ఉంది. మరో

10% గ్రీన్‌లాండ్ హిమానీనదంలో ఉంది. ఇక మిగతా 4% ఐస్లాండ్, అలాస్కా హిమాలయాలు, ఆల్ప్స్ మొదలైన ప్రాంతాల్లో ఉన్న కాస్త చిన్నపాటి హిమానీనదాల్లో ఉంది.



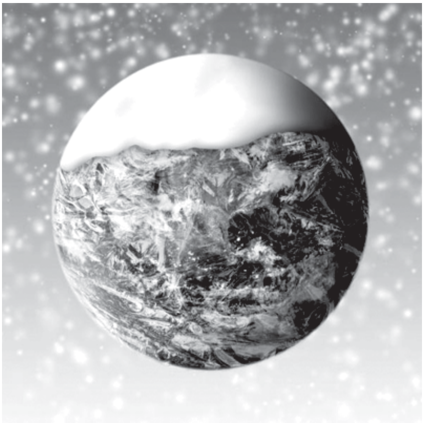
అంటార్కిటికా ఖండంపై ఒక హిమానీనదం

ఆల్ప్స్‌కి చెందిన హిమానీనదాల గురించి చాలా కాలంగానే అధ్యయనాలు జరుగుతున్నాయి. 1820లలో జె. వెన్టెజ్, జాన్ ద కార్పెంట్యే అనే ఇద్దరు స్విస్ భౌగోళిక శాస్త్రవేత్తలు ఒక ఆసక్తికరమైన విషయాన్ని గమనించారు. ఆల్ప్స్ పర్వత ప్రాంతపు కేంద్ర భాగంలో ఉండాల్సిన రాళ్ళు కొన్ని బాగా ఉత్తరంగా ఉన్న తలాల మీద కూడా ఉండడం కనిపించింది. పర్వతాల మీద ఉండే రాళ్ళు తలాలకి ఎలా తరలాయి? దీన్ని బట్టి పర్వతాల మీద ఉండే హిమానీనదాలు ఒకప్పుడు మరింత విశాలమైన భూభాగం మీద విస్తరించి ఉండేవని ఆ శాస్త్రవేత్తలు ఊహించారు. అలా అమిత దూరాలు ప్రయాణించిన హిమానీనదాలు వాటి దారిలో పెద్ద పెద్ద బండలని విడిచి ఉండొచ్చు అన్నారు.

తరవాత స్విస్ జంతు శాస్త్రవేత్త జాన్ లూయీ రోడోల్ఫ్ అగాసీ ఈ భావనని మరింత లోతుగా పరిశీలించాడు. హిమానీనదాల్లో వరసలుగా కమ్మీలు పాతి అవి కదులుతాయో లేదో గమనించాడు. అలాంటి పరిశోధనలతో 1840 కల్లా హిమానీనదాలకి సంబంధించిన ఒక ముఖ్యమైన సత్యాన్ని అతడు నిర్ధారించాడు. ఇవి కూడా నదులలాగే ప్రవహిస్తాయని, అయితే వాటి ప్రవాహ

వేగం చాలా తక్కువని, ఏడాదికి రమారమి 225 అడుగులు కదులుతాయని నిరూపించాడు. తదనంతరం యూరప్ అంతా విస్తృతంగా పర్యటించి హిమానీనదాల ఆనవాళ్ళు, అవశేషాలు ఫ్రాన్స్‌లోను, ఇంగ్లండ్‌లోను కూడా కనుక్కున్నాడు. అసందర్భ పరిసరాలలో ఉన్న పెద్ద పెద్ద శిలలను ఎన్నోచోట్ల కనుక్కున్నాడు. చిన్న రాళ్ళని కూడా మోసుకుపోయే హిమానీనదాలలో జరిగే మంచు మథనం వల్ల పెద్ద బండల్లో పడ్డ లోతైన గాట్లని గమనించాడు.

1846లో అగాస్సీ అమెరికా దేశానికి వెళ్ళి అక్కడ హార్వర్డ్ విశ్వవిద్యాలయంలో ప్రొఫెసర్‌గా చేరాడు. న్యూ ఇంగ్లండ్ ప్రాంతంలో, మిడ్వెస్ట్ ప్రాంతంలో హిమావరణానికి (glaciation) సంబంధించిన ఆనవాళ్ళు కనుక్కున్నాడు. అలాంటి పరిశోధనలవల్ల 1850 కల్లా ఒక విషయం మాత్రం రూఢి అయ్యింది. ఒకప్పుడు ఉత్తర గోళార్థంలో అధిక భాగం విశాలమైన అంతరఖండ హిమానీనదం (continental glacier)తో కప్పి ఉండేదని స్పష్టం అయ్యింది. అగాస్సీ కాలం నుండి హిమానీనదాలు విడిచి పెట్టిన అవశేషాలని ఎంతోమంది క్షుణ్ణంగా పరిశీలించారు. ఈ అధ్యయనాలలో (ఉత్తర ధృవం నుండి విస్తరించే) మంచు నాలుగు సార్లు ముందుకి ప్రవహించి మళ్ళీ వెనక్కి మళ్ళిందని తేటతెల్లం అయ్యింది.



ఉత్తర గోళార్థంలో అధిక భాగం విస్తరించిన ఉత్తర ధృవప్రాంతపు హిమం (ఊహాచిత్రం)

18,000 ఏళ్ళ క్రితం అమెరికాలో సిన్సినాటీ నగరం వరకు కూడా ఈ హిమానీనదం విస్తరించి ఉండేదన్నమాట. మంచు మరింత ముందుకి వచ్చినప్పుడు దక్షిణ గోళార్థం మరింత తడిగా, చలిగా ఉండేది. మంచు వెనక్కు మళ్ళినప్పుడు దక్షిణం మరింత వెచ్చగా, పొడిగా మారేది. మంచు వెనక్కు పోయినప్పుడే ఆ దారిలో పెద్ద పెద్ద సరస్సులు ఏర్పడ్డాయి. కెనెడియన్–అమెరికన్ మహా సరస్సులు అలా ఏర్పడ్డవే.

ఇంతకు మునుపు మంచు తిరోగమనం 8,000–12,000 ఏళ్ళ పూర్వం జరిగింది. ఈ మంచు యుగాల కంటే ముందు భూమి మీద సుమారు 100 మిలియన్ సంవత్సరాల కాలం పాటు వెచ్చని వాతావరణం నెలకొంది. ఆ కాలంలో ధృవాల వద్ద కూడా ఖండాంతర హిమానీనదాలు ఉండేవి కావు. స్పిట్జ్‌బెర్గెన్‌లో కనుక్కున్న బొగ్గు గనులు, అంటార్కిటికాలో కూడా కనిపించిన బొగ్గు అవశేషాలు ఈ వాస్తవానికి సాక్ష్యాధారాలు. గతంలో ఆ ప్రాంతంలో పచ్చని అటవీ సంపద ఉండేది అనడానికి బొగ్గు ఒక చక్కని సంకేతం.

హిమానీనదాల రాకపోకల ప్రభావం కేవలం పృథ్వీ వాతావరణం మీదే కాదు, ఖండాల ఆకారం మీద కూడా ఉంటుంది. ఉదాహరణకి అంటార్కిటికాలోను, గ్రీన్‌లాండ్‌లోను ప్రస్తుతం తరిగిపోతున్న హిమ సంపద పూర్తిగా కరిగిపోయిందంటే, సముద్ర మట్టం సుమారు 200 అడుగులు



అంటార్కిటికాకి చెందిన కోల్సాక్ బ్లఫ్ అనే ఈ పర్వత శ్రేణి ప్రాంతంలో బొగ్గు దొరికింది

పెరుగుతుంది. దాంతో అన్ని ఖండాలలోను తీర ప్రాంతాలన్నీ మునిగిపోతాయి. అంటే ప్రపంచ తీరాల మీద వెలసిన ఎన్నో మహానగరాలన్నీ జలమయం అయిపోతాయి అన్నమాట. ఉదాహరణకి న్యూయార్క్ నగరంలోని మన్హాటన్ ప్రాంతంలో నీరు ఇరవయ్యవ అంతస్థు వరకు వస్తుంది అన్నమాట. తీరప్రాంతాల మాట అలా ఉంటే, ప్రస్తుతం తీవ్రమైన చలి గుప్పెటలో ఉన్న అలాస్కా, కెనడా, సైబీరియా, గ్రీన్‌లాండ్ మాత్రమేకాక అంటార్కిటికా కూడా మరింత మానవ నివాసయోగ్య ప్రాంతాలుగా పరిణతి చెందుతాయి.



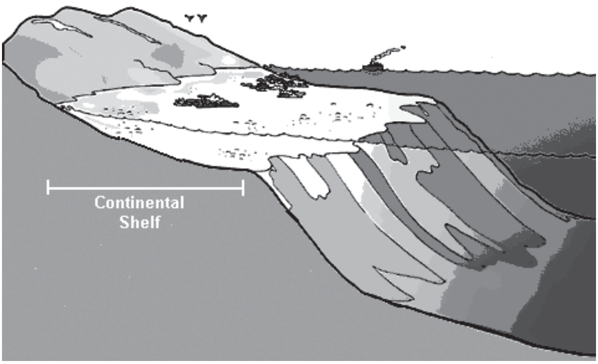
జలమయమైన న్యూయార్క్ నగరం (ఊహాచిత్రం)

హిమయుగం పతాకస్థాయిలో ఉన్న స్థితిలో ఇందుకు భిన్నమైన పరిణామాలు కనిపిస్తాయి. నేల మీద విస్తరించిన హిమభూమికలలో ఎంత నీరు బంధించబడి ఉంటుందంటే (ప్రస్తుత పరిణామానికి మూడు, నాలుగు రెట్లు ఎక్కువ మంచు ఉంటుంది), ఆ దశలో సముద్ర మట్టం ప్రస్తుతం ఉన్న మట్టం కన్నా సుమారు 440 అడుగులు కిందకి ఉంటుంది. సముద్రపు నీరు అంత కిందకి పోయినప్పుడు ఖండపు అరలు (continental shelves) బట్టబయలు అవుతాయి.

ఖండపు అరలు (continental shelves)

ఖండాల తీరాలకి సమీపంలో కాస్త లోతు తక్కువగా ఉండే సముద్ర

ప్రాంతాన్నే ఖండపు అర (continental shelve) అంటారు. తీరం నుండి సముద్రంలోకి చొచ్చుకుపోతున్నప్పుడు సముద్రం లోతు 130 మీటర్లు చేరిన దాకా లోతు క్రమంగా, నెమ్మదిగా పెరుగుతుంది. ఆ సరిహద్దు దాటాక లోతు మరింత వేగంగా పెరగడం ఆరంభిస్తుంది. శాస్త్రపరంగా చూస్తే ఖండపు అరలు అవి ఉన్న ఖండపు భూభాగంలో భాగాలే. ఖండం అసలు సరిహద్దు తీరం కాదు, ఖండపు అర అంచే ఖండం సరిహద్దు.



ఖండపు అర

ఈ ఖండపు అరల విస్తీర్ణత కూడా తక్కువేమీ కాదు. వాటి వెడల్పులో ఎంతో వైవిధ్యం ఉంటుంది. ఉదాహరణకి అమెరికా దేశానికి తూర్పు తీరంలో ఖండపు అర చాలా వెడల్పుగా ఉంటుంది. కాని పశ్చిమ తీరంలో ఖండపు అర వెడల్పు తక్కువగా ఉంటుంది. మొత్తం మీద ఖండాలన్నిటిని చూస్తే ఖండపు అర సగటు వెడల్పు 50 మైళ్ళు ఉంటుంది. దీని మొత్తం విస్తీర్ణత 10 మిలియన్ చదరపు మైళ్ళు ఉంటుంది. అంటే సోవియట్ యూనియన్ కన్నా విశాలమైన ప్రాంతం అన్నమాట.

హిమావరణం గరిష్ఠ స్థాయిలో ఉన్న దశలలో ఈ ఖండపు అరలు బహిర్గతం అవుతాయి. గతంలో వచ్చిన మహా హిమయుగాలలో సరిగ్గా అదే జరిగింది. ఉదాహరణకి నేల మీద సంచరించే జంతువుల శిలాజాలు (ఏనుగుల దంతాల వంటివి) ఖండపు అర ప్రాంతంలో తీరం నుండి మైళ్ళ దూరంలో, నీటిలో కొన్ని గజాల లోతులో దొరికాయి. అంతే కాక ఉత్తర గోళార్ధంలో

అధిక భాగం మంచులో కప్పబడి పోగా, మరింత దక్షిణ ప్రాంతాల్లో వర్షపాతం ఇప్పటికన్నా ఎక్కువగా ఉండేది. ఉదాహరణకి సహారా ఎడారి ఆ దశలో ఒక విశాలమైన పచ్చిక బయలుగా ఉండేది. హిమ ప్రాంతం తరిగిపోవడం ఆరంభిస్తుంటే క్రమంగా సహారా కూడా ఎండిపోవడం మొదలుపెట్టింది. మనకు తెలిసిన మానవ చరిత్రకి కొంచెం ముందే ఈ పరిణామాలన్నీ జరిగాయి.

ఆ విధంగా భూమి మీద వివిధ ప్రాంతాల్లో మానవ నివాసయోగ్యత లోలకపు చలనంలా మారుతూ వచ్చింది. సముద్ర మట్టం తగ్గుతూ ఉంటే విశాలమైన ఖండాలు మంచు ఎడారులుగా మారిపోతాయి. కాని ఖండపు అరలు, ప్రస్తుతం ఎడారులుగా ఉన్న భూములు మరింత నివాస యోగ్యంగా మారతాయి. సముద్ర మట్టం పెరుగుతుంటే దిగువనున్న భూములన్నీ జలమయం అవుతాయి. ధృవప్రాంతాలు మరింత నివాస యోగ్యం అవుతాయి. ఎడారి ప్రాంతాలు తరిగిపోతాయి.

హిమయుగాలు (Ice Ages)

హిమ యుగాలకి సంబంధించిన మొదటి ప్రశ్న అవి ఎలా వచ్చాయి? మంచు ఆ విధంగా మళ్ళీ మళ్ళీ పురోగమించి, తిరోగమించడానికి కారణం ఏమిటి? హిమావరణం జరిగిన దశలు అంత క్లుప్తంగా ఎందుకు ఉన్నాయి? (గత 100 మిలియన్ సంవత్సరాలలో ఇటీవలి కాలంలోని హిమయుగం కేవలం 1 మిలియన్ సంవత్సరాలే ఉంది.)

ఒక కొత్త హిమయుగానికి శ్రీకారం చుట్టాలన్నా తెర దించాలన్నా ఉష్ణోగ్రతలో కాస్తంత మార్పు వస్తే చాలు. ఉష్ణోగ్రత కాస్త తగ్గితే చాలు, ఎండాకాలంలో కరిగే మంచు కన్నా శీతాకాలంలో పడే మంచు కాస్తంత ఎక్కువై భూమి మీద మంచు పోగవడం మొదలుపెడుతుంది. అలాగే ఉష్ణోగ్రత కాస్తంత పెరిగితే చాలు, సీతాకాలంలో పడే మంచు కన్నా ఎండాకాలంలో కరిగే మంచు ఎక్కువై, సముద్రాలలో నీరు పెరుగుతూ వస్తుంది. భూమి మీద సగటు వార్షిక ఉష్ణోగ్రత 3.5^0C తగ్గితే చాలు, ధృవాల వద్ద హిమానీనదాలు విశృంఖలంగా పెరగడం ఆరంభిస్తాయి. భూమి మీద సగటు వార్షిక ఉష్ణోగ్రత 3.5^0C పెరిగితే చాలు, అంటార్కిటికా, గ్రీన్‌లాండ్‌లలో పేరుకొని ఉన్న మంచు

కరిగి కొన్ని శతాబ్దాలలోనే ఆ ప్రాంతాలు ఒక్క మంచు తునక కూడా లేని ఎండు నేలలుగా మారతాయి.

భూమి మీద ఉష్ణోగ్రతలో అలాంటి మార్పులు గతంలో ఎన్నోసార్లు జరిగాయి. పురాతన కాలంలో భూమి మీద ఉష్ణోగ్రతలని కచ్చితంగా కొలవడానికి ఒక అద్భుతమైన పద్ధతి కనిపెట్టారు. జాకబ్ బిగెలైసెన్ అనే అమెరికన్ రసాయన శాస్త్రవేత్త హెచ్.సి. యూరీ అనే మరో రసాయన శాస్త్రవేత్తతో కలిసి ఈ పద్ధతిని 1947లో రూపొందించాడు. వివిధ సంయోగాలలో (compounds) సామాన్య ఆక్సిజన్ (ఆక్సిజన్ 16)కి, ఆక్సిజన్ ఐసోటోప్ (ఆక్సిజన్ 18)కి మధ్య నిష్పత్తి ఉష్ణోగ్రత బట్టి మారుతుందని ఈ శాస్త్రవేత్తలు గమనించారు. కాబట్టి ఒక సముద్రపు జీవానికి చెందిన శిలాజంలో ఆక్సిజన్ 16కి ఆక్సిజన్ 18కి మధ్య నిష్పత్తిని బట్టి ఆ కాలంలో సముద్ర జలాలలో ఉష్ణోగ్రతని అంచనా వేయొచ్చు. 1950 కల్లా యూరే బృందం ఈ పద్ధతిని ఎంతగానో అభివృద్ధి పరిచింది. దాని సహాయంతో మిలియన్ల సంవత్సరాల పూర్వానికి చెందిన ఒక శిలాజంలోని గవ్వ పొరలని విశ్లేషించి, ఆ విశ్లేషణ బట్టి ఆ జంతువు ఎండాకాలంలో పుట్టిందని, కేవలం నాలుగేళ్ళే జీవించిందని, తిరిగి వసంతంలో చనిపోయిందని దాని జాతకచక్రం వర్ణించగలిగేవారు.

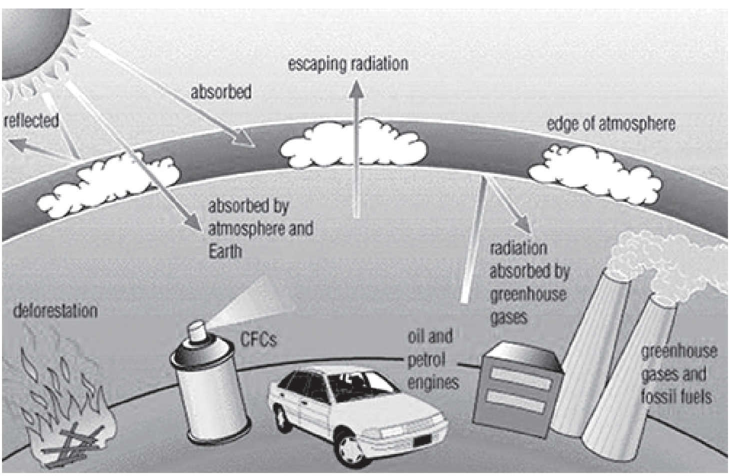
ఆ విధంగా శిలాజాల బట్టి ఉష్ణోగ్రత చెప్పే ఈ థర్మామీటర్ చెప్పిన సాక్ష్యం ప్రకారం 100 మిలియన్ సంవత్సరాల క్రితం ధరావ్యాప్తంగా సముద్రాల సగటు ఉష్ణోగ్రత 70^0F, ఒక 10 మిలియన్ సంవత్సరాల తరవాత అది నెమ్మదిగా 61^0Fకి దిగింది. తరవాత మరో 10 మిలియన్ సంవత్సరాలకి మళ్ళీ ఉష్ణోగ్రత 70^0F కి పెరిగింది. అప్పటినుంచి సముద్రపు ఉష్ణోగ్రత క్రమంగా తగ్గుతూ వచ్చింది. ఆ తరుగుదలకి కారణం ఏమిటో గాని డైనోసార్లు అంతరించిపోవడానికి కారణం కూడా అదే. (డైనోసార్లు వెచ్చని వాతావరణానికి అలవాటు పడ్డ జంతువులు.) బయట ఉష్ణోగ్రతలో మార్పులకి తట్టుకుని, అంతరంగ ఉష్ణోగ్రతని స్థిరంగా నిలుపుకోగల వెచ్చటి రక్తం ఉన్న పక్షులు, స్తన్యజీవులు మాత్రమే ఈ తక్కువ ఉష్ణోగ్రతలకి కొంతవరకు తట్టుకోగలిగాయి.

యూరే బృందం కనిపెట్టిన పద్ధతిని ఉపయోగించి సేజర్ ఎమిలియానీ

అనే శాస్త్రవేత్త ఫోరామినోఫెరా అనే జాతికి చెందిన సముద్ర చరాల గవ్వలని అధ్యయనం చేశాడు. సముద్రపు నేలలో తవ్వకాలలో వెలికి తీసిన గవ్వలివి. ఈ అధ్యయనాల బట్టి 30 మిలియన్ సంవత్సరాల క్రితం సముద్రపు ఉష్ణోగ్రత 50^0F వద్ద ఉండేదని, 20 మిలియన్ సంవత్సరాల క్రితం 43^0F వద్ద ఉండేదని, ప్రస్తుతం 35^0F వద్ద ఉందని తేటతెల్లం అవుతోంది.

ఉష్ణోగ్రతలో ఈ దీర్ఘకాలిక మార్పులకి కారణం ఏమిటి? ఒక ముఖ్యమైన కారణం హరితగృహ ప్రభావం (greenhouse effect) కావచ్చు. పరారుణ కిరణాల (infrared radiation)ని వాతావరణంలోని కార్బన్ డయాక్సయిడ్ గాఢంగా పీల్చుకుంటుంది. కాబట్టి వాతావరణంలో పెద్ద మొత్తాల్లో కార్బన్ డయాక్సయిడ్ ఉంటే దాని వల్ల కిరణాలలోని శక్తి వేడి రూపంలో వాతావరణంలోనే ఉండిపోతుంది. ఈ కారణం వల్ల వాతావరణంలోని వేడి పెరిగి ఉష్ణోగ్రత కూడా పెరుగుతుంది. ఇందుకు భిన్నంగా వాతావరణంలోని కార్బన్ డయాక్సయిడ్ స్థాయి పడుతుంటే భూమి క్రమంగా చల్లబడుతుంది.

ప్రస్తుతం గాల్లో ఉన్న కార్బన్ డయాక్సయిడ్ స్థాయి రెండింతలు అయినట్లయితే (0.003% నుండి 0.06% కి) ఆ కారణం వల్ల భూమి సగటు ఉష్ణోగ్రత మూడు డిగ్రీలు పెరిగి, ఖండాంతర హిమానీనదాలు వేగంగా,



హరిత గృహ ప్రభావం (Greenhouse effect)

పూర్తిగా కరిగిపోతాయి. అలాగే కార్బన్ డయాక్సయిడ్ స్థాయి ప్రస్తుత స్థాయిలో సగం అయితే, హిమానీనదాలు మరింత విస్తరించి న్యూయార్క్ నగరపు ముంగిట్లోకి ప్రవహిస్తాయి!

అగ్నిపర్వతాలు పెద్ద మొత్తాల్లో కార్బన్ డయాక్సయిడ్‌ని వాతావరణంలోకి వెలువరిస్తాయి. రాళ్ళు కార్బన్ డయాక్సయిడ్‌ని పీల్చుకుని సున్నంగా మారతాయి. వాతావరణంలో దీర్ఘకాలిక మార్పులు తీసుకురాగల రెండు ప్రక్రియలు మనకిక్కడ కనిపిస్తున్నాయి. అగ్నిపర్వతాల చర్యలు అసాధారణంగా పెరిగి పెద్ద ఎత్తున వాతావరణంలోకి కార్బన్ డయాక్సయిడ్ ప్రవేశిస్తే, దాంతో భూమి వేడెక్కటం మొదలు అవుతుంది. అందుకు భిన్నంగా పెద్ద ఎత్తున పర్వత జననం జరిగితే, కొత్త రాయి గాలితో సంపర్కాన్ని పొందితే, ఆ రాయి వాతావరణంలోని కార్బన్ డయాక్సయిడ్‌తో చర్య జరపడం వల్ల, వాతావరణంలో కార్బన్ డయాక్సయిడ్ స్థాయి తగ్గి, ఉష్ణోగ్రత పడవచ్చు. సుమారు 80 మిలియన్ సంవత్సరాల క్రితం మెసొజాయిక్ యుగానికి (సరీసృపాల యుగం) అంతంలో భూమి ఉష్ణోగ్రత క్రమంగా తగ్గడానికి ఇదే కారణం.

కాని ఒక మిలియన్ సంవత్సరాలలోనే నాలుగు సార్లు హిమయుగాలు వచ్చి పోవడానికి కారణం ఏమిటి? కేవలం కొన్ని పదుల వేల సంవత్సరాల ఎడంలో మంచు కరగడం, తిరిగి మంచు ఏర్పడడం మళ్ళీ మళ్ళీ జరగడానికి కారణం ఏమిటి?

మిలాంకోవిచ్ యుగాలు (Milankovitch Cycles)

1920లో సెర్బియాకి చెందిన మిలుటిన్ మిలాంకోవిచ్ అనే భౌతిక శాస్త్రవేత్త ఈ సమస్య గురించి ఒక కొత్త కోణంలో ఆలోచించాడు. భూమికి సూర్యుడికి మధ్య సంబంధంలో వచ్చే మార్పుల వల్ల వాతావరణంలో ఈ పరిణామాలు కలుగుతున్నాయన్నాడు. భూమి అక్షంలో కొంచెం వాలు ఉంటుందని అందరికీ తెలిసిందే. అయితే ఆ వాలు స్థిరంగా ఉండక చాలా నెమ్మదిగా మారుతూ ఉంటుంది. అలాగే దాని సూర్యసమీప బిందువు (perihelion, భూమి తన కక్ష్యలో సూర్యుడికి అతిసన్నిహితంగా వచ్చే బిందువు) కూడా సూర్యుడికి ఎప్పుడూ ఒకే దూరంలో ఉండదు. ఈ రెండు కారణాల

కలయిక వల్ల సూర్యుడి నుండి భూమి గ్రహించే వేడిమిలో మార్పులు వచ్చి, భూమి సగటు ఉష్ణోగ్రత చక్రికంగా పెరిగి, తగ్గే అవకాశం ఉందంటాడు మిలాంకోవిచ్. అలాంటి ఆవృత్తి 40,000 ఏళ్ళ కాలం ఉంటుంది అంటాడు. ఆ వ్యవధిలో వరసగా మహా వసంతం, మహా గ్రీష్మం, మహా శరత్తు, మహా శీతాకాలం వస్తాయంటాడు. పగడపు గుట్టల (coral reefs) నుండి, సముద్రపులోతుల్లో జరిపిన తవ్వకాల నుండి, తీసిన అవక్షేపాల ఆయుర్దాయాన్ని నిర్ణయించిన మీదట, గతంలో ఉష్ణోగ్రతలో అలాంటి చక్రికమైన మార్పులు ఉండేవని రుజువులు కనిపిస్తున్నాయి.

కాని నిజానికి మహా గ్రీష్మానికి, మహా శీతాకాలానికి మధ్య తేడా అంత ఎక్కువేం కాదు. మిలాంకోవిచ్ సిద్ధాంతం ప్రకారం ఉష్ణోగ్రత దీర్ఘకాలం నెమ్మదిగా తగ్గాకనే మహా శీతాకాలంలో ఉండే ఉష్ణోగ్రత కన్నా తక్కువై, హిమ యుగం ఆరంభం అవుతుంది. మిలియన్ సంవత్సరాల క్రితం ఉత్తర గోళార్ధంలో హిమయుగం అలాగే ఆరంభం అయ్యింది. మిలాంకోవిచ్ సిద్ధాంతం ప్రకారం మనం ప్రస్తుతం ఉన్నది ఒక మహా గ్రీష్మం. మరో పది వేల ఏళ్ళ తరవాత మరో మహా శీతాకాలంలోకి అడుగుపెడతాం.

మిలాంకోవిచ్ సిద్ధాంతం భౌగోళిక శాస్త్రవేత్తల సంఘంలో కలకలం రేకెత్తించింది. ఎందుకంటే ఆ సిద్ధాంతం ప్రకారం ఉత్తర, దక్షిణ గోళార్ధాలలో వచ్చిన హిమయుగాలు వేరు వేరు కాలాలలో వచ్చి ఉండాలి. కాని అందుకు బలమైన సాక్ష్యాలేవీ దొరకలేదు. ఇటీవలి కాలంలో మరికొన్ని సిద్ధాంతాలను కూడా ప్రతిపాదించారు. సూర్యుడి నుండి వెలువడే తాపంలో చక్రికమైన ఆటుపోట్లు ఉంటాయని, వాతావరణంలోని కార్బన్ డయాక్సయిడ్ వల్ల కాక అగ్నిపర్వతాల నుండి వెలువడే బూడిదే హరితగృహ ప్రభావానికి కారణమని – ఇలా ఎన్నో సిద్ధాంతాలు పుట్టుకొచ్చాయి. ఇదిలా ఉండగా లామాంట్ భౌగోళిక వేధశాలకి చెందిన మారిస్ ఎవింగ్ తన సహోద్యోగి విలియమ్ డాన్‌తో కలిసి ఒక చక్కని సిద్ధాంతాన్ని రూపొందించాడు. ఎవింగ్, డాన్‌ల ప్రతిపాదన ప్రకారం ఉత్తర గోళార్ధంలో వచ్చిన హిమయుగాల పరంపరకి కారణం ఉత్తర ధృవం వద్ద ఉన్న భౌతిక పరిస్థితులే. ఆర్కిటిక్ సముద్రానికి నలుదిక్కులా భూమి

ఉంది. హిమ యుగాలకి పూర్వం వెచ్చని యుగాలలో ఈ సముద్రంలో నిండుగా నీరు ఉండేది. ఆ జలాల మీదగా వీచే గాలులు దక్షిణంగా సాగి కెనడా, సైబీరియా ప్రాంతాల్లో మంచు కురిపించేవి. నేల మీద హిమానీనదాలు వృద్ధి చెందుతున్నప్పుడు భూమి సూర్యుడి నుండి మరింత తక్కువ వేడిమిని గ్రహించుకునేది. ఎందుకంటే ఆ దశలో భూమిని కప్పిన తెల్లని మంచుపొర వల్ల, తుఫాను వాతావరణంతో కూడుకున్న మబ్బు పొరల వల్ల సూర్యకాంతిలో అధిక భాగం భూమి నుండి పరావర్తన చెంది తిరిగి అంతరిక్షంలోకి ప్రసరించేది. ఆ కారణం వల్ల భూమి మీద సగటు ఉష్ణోగ్రత తగ్గడం ఆరంభించింది. ఆ పరిణామం అలాగే కొనసాగడం వల్ల ఆర్కిటిక్ సముద్రం గడ్డ కట్టుకుపోయింది. కాబట్టి గడ్డ కట్టిన సముద్రం మీదగా వీచే గాలులు ఎక్కువ తేమని మోసుకుపోలేకపోయేవి. గాలిలో తేమ తక్కువైతే మంచు తక్కువగా కురుస్తుంది. దాంతో మునుపటి ఒరవడి తిరగబడింది. శీతాకాలంలో మంచు కురియడం తగ్గింది కాబట్టి, ఎండాకాలంలో మంచు కరిగే ప్రక్రియదే పైచేయి అయ్యింది. హిమానీనదాలు వెనక్కు తగ్గి భూమి మళ్ళీ వెచ్చబడి, ఆర్కిటిక్ సముద్రం మళ్ళీ జలపూర్ణం అయ్యింది. ఆ విధంగా యుగచక్రం మళ్ళీ మొదలై హిమానీనదాల పెంపు మొదలయ్యింది.

ఆర్కిటిక్ సముద్రం గడ్డకట్టడం వల్ల కాక, కరగడం వల్ల హిమయుగం ఆరంభం కావడం విడ్డూరంగా అనిపిస్తుంది. కాని ఈ సిద్ధాంతం సమంజసంగానే ఉందని భౌగోళిక శాస్త్రవేత్తలు భావిస్తున్నారు. దీని వల్ల ఎన్నో విషయాలకి తీరైన వివరణ దొరుకుతోంది. కాని ఈ సిద్ధాంతంతో ఒక చిక్కేంటంటే మిలియన్ సంవత్సరాల వరకు అసలు బొత్తిగా హిమయుగాలు లేకపోవడానికి కారణం ఏమిటో ఇది చెప్పలేకపోతోంది. కాని ఎవింగ్–డాన్‌లు దీనికి కూడా ఒక జవాబు చెబుతున్నారు. హిమయుగాల ఆవిర్భావానికి ముందు ఉండే సుదీర్ఘమైన వెచ్చని యుగంలో ఉత్తర ధృవం పసిఫిక్ మహాసముద్రంలో ఉండేది అంటారు. కాబట్టి ఆ దశలో కురిసిన మంచులో అధిక భాగం సముద్రంలోనే పడేది. కాబట్టి హిమానీనదాలు ఏర్పడే అవకాశం తక్కువగా ఉండేది.

అయితే ఉత్తర ధృవానికి ఎప్పుడూ ఒక చిన్న చలనం ఉంటుంది. 435

రోజులకు ఒకసారి 30 అడుగుల వ్యాసం ఉన్న వృత్తాకారంలో అది తిరుగుతుంటుంది. ఈ విషయం మొట్టమొదట అమెరికన్ ఖగోళవేత్త సెత్ కార్లో షాండ్లర్ గమనించాడు. 1900 నుండి ఆ ధృవం ఒక ముప్పై అడుగులు గ్రీన్‌లాండ్ వైపుగా జరిగింది. కాని భూకంపాల వల్లనో, భూగర్భంలో ద్రవ్యరాశి కదలికల వల్లనో జరిగే అలాంటి ధృవచలనాలు పైన చెప్పుకుంటున్న బృహత్తర వాతావరణ పరిణామాలకి కారణం కాలేవు.

ఎవింగ్–డాన్ సిద్ధాంతం నిజం కావాలంటే ధృవాల స్థానంలో సమూలమైన మార్పులు రావాలి. ఖండాల కదలికల వల్ల అలాంటి మార్పులు వస్తాయని ఆశించవచ్చు. ఖండాల ఫలకాలలో కదలికల వల్ల ఉత్తర ధృవం కొన్ని సార్లు నేల మీద, కొన్ని సార్లు సముద్రంలోను ఉండే అవకాశం ఉంది. కాని ఈ భావన నిజం కావాలంటే ఫలకాల కదలికల గురించిన సమాచారాన్ని, పైన చెప్పుకుంటున్న వాతావరణ మార్పులకి సంబంధించిన సమాచారంతో పోల్చి సరిచూసుకోవాలి.

హిమయుగాలకి కారణం ఏమైనా ప్రస్తుత దశలో మాత్రం మానవులే తన బాధ్యతారహిత చర్యలతో వాతావరణాన్ని మారుస్తున్నారు. ప్రస్తుత మానవ నాగరికత వాతావరణంలో కార్బన్ డయాక్సయిడ్ నింపుతున్న తీరును, వేగాన్ని చూస్తుంటే ఇకపై హిమయుగాలు రావేమో అని అంటాడు అమెరికాకి చెందిన గిల్బర్ట్ ఎన్. ప్లాస్ అనే భౌతిక శాస్త్రవేత్త. ఒక వంద మిలియన్ చిమ్నీలు నిత్యం కార్బన్ డయాక్సయిడ్‌ని గాల్లోకి వెళ్ళగక్కుతున్నాయి. ఆ విధంగా ఏటా 6 బిలియన్ టన్నుల కార్బన్ డయాక్సయిడ్ గాల్లో కలుస్తోంది. అగ్నిపర్వతాలు వెలువరించే కార్బన్ డయాక్సయిడ్‌కి ఇది 200 రెట్లు ఎక్కువ. ప్లాస్ అంచనాల ప్రకారం 1900 నుండి 2000కి మధ్య గాల్లో కార్బన్ డయాక్సయిడ్ ఇంచుమించు 20% పెరిగింది. ఇలాంటి వృద్ధి వల్ల భూమి సగటు ఉష్ణోగ్రత శతాబ్దానికి 1.1^0C పెరిగే అవకాశం ఉంది. ఇరవయ్యవ శతాబ్దపు మొదటి భాగంలో సగటు ఉష్ణోగ్రత నిజంగానే ఆ వేగంలో పెరిగింది. ఈ తాపనం ఇలాగే కొనసాగితే మరో ఒకటి రెండు శతాబ్దాలలో ఖండాంతర హిమానీనదాలు పూర్తిగా తుడిచిపెట్టుకుపోయే ప్రమాదం ఉంది.

IGY కాలంలో జరిగిన అధ్యయనాల ప్రకారం హిమానీనదాలు ఇంచుమించు ప్రతి చోట నిజంగానే వెనక్కు పోతున్నాయని తెలుస్తోంది. ఉదాహరణకి హిమాలయాలకి చెందిన ఒక పెద్ద హిమానీనదం 1935 కి 1959కి మధ్య ఇంచుమించు 700 అడుగులు వెనక్కి పోయింది. మరికొన్ని అయితే 1000–2000 అడుగుల వరకు కూడా వెనక్కి పోయాయి. అతిశీతల జలాశయాలకి అలవాటు పడ్డ చేపలు ఉత్తర దిశగా వలసపోతున్నాయి. వెచ్చని వాతావరణంలో పెరిగే చెట్లు కూడా అలాంటి తీరునే ప్రదర్శిస్తున్నాయి. ఏటేటా సముద్ర మట్టం పెరుగుతోంది. హిమానీనదాలు కరుగుతున్నాయి అనడానికి ఇది మరో సంకేతం.

అయితే 1940ల నుండి ఉష్ణోగ్రతలో పెరుగుదల చాలా స్వల్పంగా నెమ్మదించినట్టు కనిపిస్తోంది. దీనికి కారణం వాతావరణంలో పెరుగుతున్న దుమ్ము, ధూళి కావచ్చు. సూర్యరశ్మి నేలని చేరకుండా గాల్లో దుమ్ము కొంతవరకు గొడుగు పడుతుంది. మానవ చర్యలకి ఫలితాలైన రెండు రకాల వాతావరణ కాలుష్యాలు – దుమ్ము, కార్బన్ డయాక్సయిడ్‌లు – ఒక దాంతో ఒకటి పోటీ పడుతున్నట్టు కనిపిస్తోంది. ఈ పోటీలో దేనిది పైచేయి అవుతుంది అన్న దాని బట్టి మన భవిష్యత్తు ఆధారపడి ఉంది.

ఌ ఌ ఌ